

Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado

---

**MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS DE  
BASE TECNOLÓGICA**

---

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

---

“Bases para la Gestión Estratégica de la Nanotecnología  
en la Comisión Nacional de Energía Atómica”

---

AUTOR: LIC. ANTONELLA CASTELETTI

TUTOR: DR. ALBERTO LAMAGNA

MARZO DEL 2018

---



## Resumen del Proyecto

Desde hace casi una década, la nanotecnología ha cobrado en Argentina una particular relevancia como “Tecnología de Propósito General”, o mejor dicho, como “tecnología clave”, cuyo desarrollo permite una serie de oportunidades tecnológicas y de desarrollo económico-productivo. Así, desde el Estado, los organismos de Ciencia y Tecnología, las Universidades, las empresas, entre otros actores, se han encarado –con diferentes grados de éxito– una serie de acciones político-institucionales y económico-productivas a los fines de aprovechar las potencialidades de la nanotecnología. En su conjunto, estas acciones han creado un ecosistema propicio para continuar emprendiendo proyectos que exploren nuevas formas de administración y gestión de la nanotecnología, siempre con el norte puesto en una cuestión importante en este campo: vincular las capacidades científico-tecnológicas que se están desarrollando en Argentina a las oportunidades de negocios y de aplicaciones productivas a escala industrial en sectores privados y/o públicos.

Particularmente, el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), el ámbito institucional que nuclea a los investigadores en nanotecnología de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), es parte de este interesante ecosistema. En ese sentido, el INN ha desarrollado una serie de capacidades científico-tecnológicas de excelencia; y experiencias en asociaciones público-privadas, que bien podrían demostrar su potencial como “catalizador” de esa necesaria (y a veces problemática) vinculación entre investigación en nanotecnología y oportunidades de negocios. Así, para poder encauzar la experiencia del INN y sus potencialidades hacia una sistemática vinculación con el sector socio-productivo, son necesarias herramientas comerciales, de gestión y administración adaptadas a las características organizacionales del INN en particular y de la CNEA en general.



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



Para conocer los desafíos y oportunidades que afectarán el desenvolvimiento de esta nueva ciencia y tecnología, el presente trabajo final se propone delinear “Las Bases para la Gestión Estratégica de la Nanotecnología en CNEA”. Por este motivo se abordará la trayectoria internacional y los principales lineamientos de la política nanotecnológica nacional, junto con las principales acciones para la promoción de ésta área de conocimiento. Luego se analizarán las tendencias y movimientos del desarrollo científico-tecnológico e institucional del área nano en la CNEA. Se pretende con este trabajo obtener el estado de la situación actual y de los escenarios con los que se puede encontrar nuestro país y en especial la CNEA en el futuro dentro del campo de la Nanociencia y Nanotecnología (NyN), siendo la base para plantear una visión estratégica acerca de cómo encarar la gestión de la nanotecnología de cara a los desafíos tecnológicos de la industria nuclear argentina de los próximos años.



## Índice

Referencias de Siglas.....	6
1. Introducción.....	8
2. Justificación.....	10
3. Planteamiento del problema.....	12
4. Objetivos.....	14
Objetivo general.....	14
Objetivos específicos.....	14
5. Hipótesis.....	14
6. Marco teórico.....	15
7. Metodología a utilizar.....	18
8. Introducción al mundo nano.....	19
La Nanotecnología como la Revolución del Siglo XXI.....	21
Tecnologías de Propósito General.....	26
Cadena de Valor.....	28
Composición Interdisciplinaria.....	30
Instrumental Científico Especifico e Infraestructura.....	32
9. Panorama Internacional.....	33
10. Panorama en America Latina.....	35



11. Comisión Nacional de Energía Atómica .....	47
La Nanotecnología en la CNEA: Trayectoria, Institucionalización y Logros .....	49
12. Diagnóstico.....	65
Recursos Humanos .....	67
Líneas de Trabajo .....	69
Tipos de Investigación.....	79
Vinculación y Transferencia .....	82
Fuentes de Financiamiento .....	86
Patentes .....	87
13. Analisis FODA .....	90
Fortalezas .....	90
Oportunidades.....	91
Debilidades .....	92
Amenazas .....	93
14. Conclusiones del Diagnóstico .....	95
15.Bases Organizativas para la Gestión Estratégica de la Nanotecnologia en CNEA .....	100
16. Reflexiones Finales .....	107
17. Bibliografía.....	112
18. Anexo .....	121



## Referencia de Siglas

- ANPCyT: Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica
- BID: Banco Interamericano de Desarrollo
- CAB: Centro Atómico Bariloche
- CAC: Centro Atómico Constituyentes
- CAE: Centro Atómico Ezeiza
- CITECDE: Centro de Estudios en Ciencia, Tecnología, Cultura y Desarrollo
- CITES: Centro de Innovación Tecnológica, Empresarial y Social
- CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica
- CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique
- CONICET: Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
- CTI: Ciencia, Tecnología e Innovación
- CyT: Ciencia y Tecnología
- EBT: Empresas de Base Tecnológica
- FAN: Fundación Argentina de Nanotecnología
- FONARSEC: Fondo Argentino Sectorial
- FONCyT: Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica
- I+D: Investigación y Desarrollo
- INN: Instituto de Nanociencia y Nanotecnología
- INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial
- LIFAN: Laboratorio Internacional Asociado Franco-Argentino
- MINCyT: Ministerio de Ciencia y Tecnología



- NyN: Nanociencia y Nanotecnología
- OEP: Oficina Europea de Patentes
- PAE: Programa de Áreas Estratégicas
- PAV: Programa de Áreas de Vacancia
- PCTI: Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación
- PDTS: Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social
- PICT: Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica
- PNCTI: Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
- PyMEs: Pequeñas y Medianas Empresas
- SECyT: Secretaría de Ciencia y Técnica
- SEPyME: Secretaría de Emprendedores y Pequeña y Mediana Empresa
- SPU: Secretaría de Políticas Universitarias
- SNI: Sistema Nacional de Innovación
- TIC's : Tecnología de la Información y la Comunicación
- TPG: Tecnología de Propósito General
- UBA: Universidad de Buenos Aires
- UNRN: Universidad Nacional de Río Negro
- UPSTO: Oficina de Marcas y Patentes de los EEUU
- VyTT: Vinculación y Transferencia Tecnológica



## 1. Introducción

Desde los inicios del presente siglo, las Nanociencias y Nanotecnologías (NyN) se ubicaron como área estratégica para el desarrollo de las naciones y ocupan un lugar clave en los discursos a nivel mundial. Consideradas como la base de una nueva revolución tecnológica, es objeto de grandes inversiones públicas y privadas en I+D, siendo incorporadas en la mayoría de los sectores industriales.

América Latina ha incorporado las NyN en sus políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) desde mediados de la década pasada, especialmente Brasil, México y Argentina, y en menor proporción el resto de los países latinoamericanos han priorizado e incrementado exponencialmente los recursos dirigidos en este campo.

Desde el 2005, la Argentina considera a la nanotecnología como área estratégica para el desarrollo económico del país y por ello ha impulsado—a través de la inversión, la creación de Programas y las múltiples acciones de sus organismos públicos—la implementación de políticas que tienen como principio rector del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la industria de la nanotecnología en sus más amplios aspectos.

En siete años, la Argentina se ubicó entre los tres países de Latinoamérica con mayor cantidad de papers e investigaciones registradas. En la actualidad, una veintena de empresas nacionales se especializan y desarrollan con excelentes resultados a nivel nacional e internacional en esta área. Conscientes de la importancia de la nanotecnología, las Universidades tienen entre sus principales objetivos la formación de recursos humanos del mayor nivel para el desarrollo de este campo.

En el ámbito nuclear, Argentina, es pionera en esta disciplina. En las áreas de energía y medicina nuclear, la nanotecnología avanza con paso firme. No es casual que la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) cuente con un Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN) cuyo objetivo es coordinar de manera transversal a toda la





Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



organización, que desde principios de los 90 incursiona en el campo, con una perspectiva pluridisciplinaria, impactando en el amplio abanico de actividades que abarca la CNEA.

El presente trabajo se realiza en el marco de la Maestría de Administración de Empresas de Base Tecnológica en la Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires (UBA), centralizándose en el seno del desarrollo nanotecnológico en la CNEA, ubicándola como un Organismo Nacional de vanguardia en el estudio de las NyN.

En primer lugar se describen los conceptos generales de la NyN, la trayectoria internacional y los principales lineamientos de la política nanotecnológica nacional. Luego se analizarán las tendencias y movimientos del desarrollo científico-tecnológico e institucional del área nano en la CNEA. Para ello el estudio se basa en la información generada por medio de entrevistas a los diferentes grupos de la comunidad de NyN dentro del Organismo, permitiendo analizar las principales características del desarrollo científico-tecnológico e institucional (Recursos Humanos, Líneas de Investigación, Tipos de Investigación, Financiamientos, Patentes), a los efectos de identificar las fortalezas y desafíos para plantear una visión estratégica acerca de cómo encarar la gestión de la nanotecnología. Posteriormente se analizarán los resultados obtenidos a fin de proponer **“Las Bases para la Gestión Estratégica de la Nanotecnología en la CNEA”** de cara a los desafíos tecnológicos de la industria nuclear Argentina en los próximos años. Por último, se realizan una serie de reflexiones provenientes al acercamiento a este campo de estudios.



## 2. Justificación

El surgimiento de la nanotecnología, como una tecnología que se dedica al diseño y manipulación de la materia a escala nanométrica, ha sido identificada por la mayoría de los países como una oportunidad tecnológica que podría revolucionar la productividad de sus respectivas economías, agregándole valor, pudiendo sustituir o modificar radicalmente determinados tipos de productos o procesos. En ese sentido, la condición de la nanotecnología como tecnología transversal requiere alterar las existentes bases económico-productivas a los fines de aprovechar los beneficios en términos de eficiencia y de rentabilidad de dicha tecnología. Para eso, los gobiernos han debido establecer políticas activas con el objeto de impulsar a la investigación en nanotecnología y su posterior transferencia al sector socio-productivo (Vila Seoane, 2014).

En efecto, a principios del siglo XXI, la nanotecnología comenzó a ser objeto de políticas de fomento específicas por parte de los Estados. Así, luego del lanzamiento en el año 2001 de la Iniciativa Nacional en Nanotecnología (National Nanotechnology Initiative, NNI) por parte del gobierno de Estados Unidos—con el objetivo de impulsar la investigación y desarrollo (I+D) en nanotecnología, facilitar la transferencia a productos, fomentar la educación en nanotecnología, y apoyar su desarrollo responsable—, más de 60 gobiernos de todo el mundo han diseñado e impulsado una planificación estratégica con el eje principal en el desarrollo y difusión de la nanotecnología (MINCyT, 2016).

En este escenario, algunos países latinoamericanos, entre ellos Argentina, decidieron dar los primeros pasos en promover las actividades de investigación y desarrollo, declarando a la nanotecnología —junto a la biotecnología, y las tecnologías de la información y la comunicación— como un área de vacancia. Tal impulso fue reforzado cuando la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT), actualmente con rango de Ministerio, implementó el Plan de Acción de Mediano Plazo (2005-2015) y el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en el año 2006.



A través de ambos planes se redefinió a la investigación de la nanotecnología como un área estratégica, estimulando la interacción entre la investigación académica y el sector productivo mediante redes de cooperación que vincularía a grupos de diferentes organismos. A estas acciones, promovidas desde el ámbito científico tecnológico, se sumó en el año 2006 el aval del Ministerio de Economía para la creación de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), institución que vincula a buena parte de los actores científico-tecnológicos del país relacionado con las nanotecnologías.

En lo que atañe al desarrollo académico y el financiamiento de la investigación, cabe mencionar que la CNEA es una de tres Instituciones con mayor concentración de capacidades en NyN. Los Proyectos para Áreas de Vacancia (PAV) promovidos por la SECyT propiciaron la conformación de tres redes de investigación que entre 2004 y 2007 recibieron una inversión estimada de 300 mil dólares y que vinculado a instituciones como la CNEA, la UBA, la Universidad Nacional de La Plata y el CONICET.

Desde entonces la nanotecnología, junto con la biotecnología y las TIC's, es un área prioritaria para el desarrollo socioeconómico de nuestro país, de acuerdo a lo establecido por el Plan Argentina Innovadora 2020 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.

En el ámbito nuclear, Argentina es pionera en esta disciplina. En este contexto, la CNEA, dedicada a la investigación y desarrollo en materia nuclear, creó, a través del Centro Atómico Bariloche (CAB) y del Centro Atómico Constituyentes (CAC), el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN), cuyo objetivo es centralizar y sistematizar todo lo que se investiga y desarrolla sobre nanotecnología en el organismo. El INN representa la institucionalización en CNEA de I+D en nanotecnología, la cual se desarrolla en el organismo desde principios de los años 90 con una perspectiva pluridisciplinaria, pero también transversal al amplio abanico de actividades que abarca la CNEA.



El presente trabajo pretende establecer un diagnóstico de la situación actual de la nanotecnológica en la CNEA, obteniendo información acerca de las tendencias y los movimientos locales e internacionales relativos a esta área, en las cuales la CNEA presenta o podría presentar potencialidades competitivas, en base a las propias características, estrategias, objetivos y recursos disponibles de la institución, conformando un análisis descriptivo.

Finalmente, se formularán una serie de recomendaciones que sirvan como herramienta de gestión en materia de política institucional, a los fines de fortalecer la vinculación y transferencia en los grupos de NyN dentro de la CNEA.

### 3. Planteamiento del Problema

Durante los últimos años emergieron nuevas tendencias en la CNEA, como el impulso del área de NyN, en el que los límites entre la ciencia básica y la tecnología se diluyeron provocando una intensa interacción entre diferentes sectores. Estos cambios determinaron un nuevo patrón basado en la búsqueda de resultados prácticos, el abordaje de problemas complejos de manera interdisciplinaria y la adopción de nuevas formas organizativas con alta diversidad de actores.

El rol de la nanotecnología en la política de ciencia y tecnología argentina se ha evidenciado en el papel que cumple en el marco del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología “Argentina Innovadora 2020”: aquí lo nano aparece –junto con la biotecnología y las TIC’s– como una “tecnología de propósito general” (TPG), esto es, una tecnología genérica que atraviesa a un conjunto amplio de sectores y que, por esa misma razón, pautan los incrementos de productividad y calidad de los bienes y servicios, así como la competitividad internacional del sistema productivo (Bramuglia, 2000).



Diversos estudios ponen de manifiesto la debilidad de las capacidades organizacionales necesarias para hacer frente al nivel de complejidad del estadio de esta nueva tecnología (Hurtado, 2017), ante falta de identificación de oportunidades y de la articulación público-privada.

A través del presente proyecto se busca obtener un diagnóstico de la situación actual de la NyN en la CNEA—siendo una de las instituciones nacionales con mayor concentración de grupos dedicados a la nanotecnología— que permita vislumbrar las potencialidades reales propias en todos los niveles, desde la I+D, los pasos alcanzados en las políticas de impulso en el área y sus resultados, los recursos humanos disponibles y las infraestructuras, así como el grado de vinculación con el sector empresarial. Pensar en cómo gestionar estratégicamente la nanotecnología en la CNEA, se hace imprescindible para reconocer los desafíos y oportunidades dentro del sector. Por lo tanto se debe adquirir conciencia de que estamos en medio de un proceso que no ha alcanzado tal grado de madurez, de lo cual resulta que aún tenemos posibilidades de participación.

Actualmente, se diagnostica los siguientes nudos críticos:

- Escasa relación con los proyectos nucleares prioritarios.
- La I+D no se encuentra suficientemente orientada hacia las demandas socio productivas, ni encauzada por una política institucional de la CNEA.
- Como muchas áreas de investigación, los temas específicos nacen por “interés” del investigador sin ninguna relación con el mercado.
- Desconocimiento sobre las necesidades tecnológicas del mercado.
- Desequilibrio entre la CNEA y las necesidades de innovación productiva del mercado.
- Las PyMEs desconocen la oferta tecnológica a nivel micro y nano de la CNEA.
- Escasa cultura de cooperación entre administradores de Base tecnológica e Investigadores del área Nano.
- La Nanotecnología no está lo suficientemente considerada dentro del Core Business de la CNEA.



## 4. Objetivos

### Objetivo general

- Contribuir a la mejora y el fortalecimiento de la capacidad de gestión de la NyN en la CNEA.

### Objetivos Específicos

Dentro de los objetivos específicos, se encuentran la descripción y el análisis de:

- Los proyectos en los que se están trabajando actualmente en el área.
- La adopción de cursos de acción vigentes.
- Las fortalezas o potencialidades de la Nanotecnología en CNEA.
- La vinculación con Organismos de CyT, Universidades y Empresas.
- La asignación de recursos necesarios.
- La vinculación con la política nuclear.
- Proponer lineamientos para que sirvan como una herramienta de gestión en materia de políticas institucionales para su vinculación y transferencia del conocimiento desde la investigación básica a la aplicación productiva en NyN.

## 5. Hipótesis

Una mirada integral sobre la gestión de la NyN en CNEA es crucial para encarar los desafíos de competitividad que requiere la CNEA con el foco de industrializar el país y al sector nuclear en particular. De esta forma se obtendrá una visión más adecuada para coordinar las actividades que se hacen por separado de tal manera que se logre una cohesión de la oferta tecnológica y política institucional, con la demanda potencial y real de mercado.



## 6. Marco Teórico

Para lograr evaluar las implicancias del desarrollo nanotecnológico dentro de la CNEA, es necesario construir escenarios que describan las políticas públicas de los diferentes Estados del mundo— y de Argentina en particular— que tienen como perspectiva fomentar la difusión y aplicación socio-productiva de esta tecnología. En los últimos años, el papel económico de la Nanotecnología no ha dejado de crecer y sobre todo, de hacerse cada día más evidente; pudiéndose decir que ha aparecido una nueva forma de producir bienes y servicios. En este sentido, parece apropiado citar al economista Aldo Ferrer, quien señalaba: *“Sin ciencia ni tecnología es imposible el desarrollo de un país avanzado”*.

La elaboración teórica de la Empresa Tecnológica, es un concepto introducido en nuestro país por Jorge Sábato, cuyos aportes fueron sustantivos en cuestiones críticas como los regímenes de propiedad intelectual, inversiones privadas directas y compras públicas. En su idea del triángulo, formalizó una figura simple la compleja red de relaciones entre el sector productivo, la esfera científica tecnológica y el Estado, que constituyen la trama profunda del desarrollo económico. Sus ideas tuvieron gran influencia en todo el mundo. Sábato y Herrera coincidían en sostener que la tecnología de alguna forma dibuja nuestra cultura: *“Como si fuese un “código genético” inserto en su estructura, la tecnología transmite el sistema de valores para la cual fue diseñada. Esto confiere a la dependencia tecnológica alcances muchos más vastos que los estrictamente económicos”*.

Por su parte Herrera sostenía: *“La única solución para los países en desarrollo, es recuperar la tecnología como parte realmente integrante de su cultura. Convertirla de elemento exógeno condicionante, en modo legítimo de expresión de sus propios valores y aspiraciones (...) El problema principal es recuperar la capacidad de decisión social del uso y fines de la tecnología”*.

La corriente neoschumpeteriana plantea a la dinámica estructural innovadora de un país como Sistema Nacional de Innovación (SNI). Dicha escuela resalta la importancia económica de la ciencia y la tecnología en los procesos de innovación de los sistemas socio-productivos. En ese sentido, a diferencia de la denominada corriente neoclásica, la cual





“considera a la ciencia y la tecnología como variables exógenas” a los procesos socio-productivos – por lo que “la tecnología constituiría un factor exógeno para la mayor parte de las empresas”; la corriente neoschumpeteriana, por el contrario plantea que “ el conocimiento científico no es exógeno al proceso innovador, sino que “ tanto para generar conocimientos como para poder utilizarlos se requiere un esfuerzo endógeno basado en la acumulación de capacidades científicas, técnicas y organizacionales, el cual a su vez da lugar a aumentos de la productividad y la eficiencia y por ende a la generación de un flujo creciente de innovaciones en materia de productos y procesos de producción”.

Los trabajos de la investigadora y economista Mariana Mazzucato, señalan al Estado como el factor más importante para generar innovación tecnológica. Analiza el mito del Estado como una organización burocrática grande que puede en el mejor de los casos facilitar la innovación creativa que sucede en el dinámico sector privado, señalando que el sector privado sólo se atreve a invertir después de que el Estado ha realizado las inversiones de alto riesgo. Plantea que en la historia del capitalismo moderno, el Estado ha generado sectores de la industria que de otro modo no habrían sucedido, y ha abierto activamente nuevas tecnologías y mercados en los que los inversores privados más adelante pueden entrar. Lejos de las críticas a menudo escuchadas al Estado de que potencialmente “desplaza” las inversiones privadas, el Estado hace que sucedan, formando y creando mercados, no sólo “corrigiendo” sus fallas. Sus argumentos establecen que, ignorar esta realidad sólo sirve a fines ideológicos, y perjudica a la formulación de políticas eficaces.

Chudnosky plantea que las nuevas políticas públicas apuntan a promover las interacciones entre los numerosos agentes e instituciones que participan en el esfuerzo argentino de la CyT, a comenzar a modificar las reglas del juego en la asignación de los recursos públicos a la investigación, a inducir planes estratégicos y mecanismos de evaluación en los organismos públicos del área y a inducir un mayor gasto endógeno del sector privado a través del crédito fiscal a la I+D y de un Programa de Consejeros tecnológicos para atender mejor las demandas de las PyMEs. Sin embargo, las fallas que tiene el sistema financiero argentino para financiar inversiones de largo plazo en activos





intangibles, el sistema educativo para vincularse con las necesidades del sector productivo y las instituciones científicas para interactuar con el sistema educativo y el productivo son muy profundas.

Estas fallas están lejos de recibir la atención que merecen para comenzar a revertirlas. La larga y frustrante historia previa de las políticas de CyT en la Argentina, donde los fracasos son mucho más frecuentes que los éxitos, por un lado, y por el otro, el hecho de que el *laissez faire* de los años 90 en el país, ha sido parcialmente exitoso y que la mayoría del gran empresariado local y extranjero lo considera una buena política, son factores de peso que conspiran contra el éxito de las iniciativas en marcha. Al mismo tiempo y pese a sus sugerentes planteos, el enfoque del SNI revela profundas ambigüedades normativas y conceptuales que restringen su aplicabilidad práctica.

Por un lado, desde la perspectiva del financiamiento público, es crucial entender los desafíos de la comercialización de la nanotecnología, ya que grandes sumas de fondos públicos están siendo invertidos para promover la I+D en nanotecnología. El cálculo sería que, en tanto la nanotecnología sea comercializada, este financiamiento público generará un retorno de la inversión bajo la forma de desarrollo económico directo, y desarrollo social indirecto. Por otro lado, desde la perspectiva privada –inversores de capital, emprendedores y empresarios–, es también importante entender el proceso por el cual las oportunidades de la nanotecnología puedan realizarse, ya que la misma ofrece la posibilidad de transformar productos existentes, de generar nuevos productos y procesos de producción.

En este trabajo se pretende realizar un estudio de caso de la CNEA en particular por lo que es necesario transitar un repaso histórico sobre las acciones de la CNEA y sus principales logros, para ser consciente de su estado de desarrollo actual y de su horizonte de posibilidades futuras. Así como la Energía Atómica en Argentina y su política nuclear.



## 7. Metodología a Utilizar

Para la concreción de los objetivos del presente trabajo, se han articulado una serie de enfoques de estudios diversos, que apuntan a abordar las diferentes dimensiones del problema.

Así, en primer lugar, se plantea un enfoque cualitativo y exploratorio-descriptivo, a los fines de describir e identificar los principales rasgos del desarrollo de la nanotecnología en CNEA, y de las políticas nacionales. Dicho enfoque requirió de un diseño retrospectivo, en tanto se tomaron acciones, situaciones y documentos ya consumados en el pasado para conocer el estado actual de la NyN en CNEA; y prospectivo, en tanto se tomaron los puntos de vista actuales de una muestra de actores que trabajan en el área nano dentro de la CNEA, a través de entrevistas semidirigidas. Asimismo, se prevé que el trabajo de campo se base en observación participante de una muestra transversal de actores, no solamente con la finalidad de contrastar sus acciones y puntos de vista, sino también para reconocer los puntos en común y las recurrencias.

En segundo lugar, se propone un enfoque de estudio de caso, por lo que el diseño retrospectivo y prospectivo arriba mencionados son insumos para trabajar sobre la particularidad de CNEA respecto de la comercialización de la nanotecnología y poder realizar un análisis analítico.

<b>Objetivo Especifico</b>	<b>Instrumento de Recolección</b>	<b>Población/ Muestra</b>	<b>Técnicas de Procesamiento</b>
Identificar los principales rasgos	Lectura de documentos de gestión de CNEA	Muestra Aleatoria de documentos	Análisis comparativos con documentos del MINCyT
Describir la situación de la NyN en CNEA	Entrevistas semidirigidas	Muestra aleatoria de investigadores nano de CNEA	Desgrabado y Análisis
Establecer el modelo actual de la VyTT de la NyN en CNEA	Análisis de las Entrevistas	Muestra Aleatoria de investigadores nano de CNEA	Análisis de los resultados



## 8. Introducción al mundo nano

En el mundo de lo muy, muy pequeño, muchas cosas nuevas podrán suceder, porque los átomos se comportan de manera distinta a como lo hacen los objetos a mayor escala, pues deben satisfacer las leyes de la mecánica cuántica. Si nos reducimos y comenzamos a jugar con los átomos allá abajo, estaremos sometidos a unas leyes diferentes, y podremos hacer cosas diferentes. A nivel atómico, aparecen nuevos tipos de fuerzas, nuevas posibilidades, nuevos efectos (Feynmann, R. 1959).

La trascendencia de la Nanotecnología alude a una revolución en la ciencia y tecnología basada en las habilidades para medir, manipular y organizar materia a escala nanométrica. La palabra “nano” etimológicamente proviene del griego *νάνος* que significa enano. También corresponde a un prefijo del Sistema Internacional de Unidades que indica un factor  $10^{-9}$ . En otras palabras, se podría decir que un nanómetro corresponde a una mil millonésima parte de un metro (Vila Seoane, 2011).

Sobre las dimensiones de las que estamos hablando quizás sirva saber que un átomo mide menos que un nanómetro; un cabello humano mide alrededor de 80 mil nanómetros de diámetro; una de las bacterias más comunes, la *Escherichiacoli* que vive en el intestino humano, mide aproximadamente 500 nanómetros de diámetro por 2 mil nanómetros de largo; y una molécula de ADN tiene un diámetro de alrededor de 2,5 nanómetros. En efecto, la relevancia ante ella parece inminente: la capacidad de transformación de la materia, propiedades cambiantes, dimensiones que no se conocían, presentan la posibilidad a un infinito mundo de aplicaciones.

Con un amplio rango de potenciales disruptivas en todos los ámbitos, la nanotecnología emerge como un campo de conocimiento que atraviesa no solo el estado de la ciencia y tecnología, sino sectores económicos-productivos generadores de riqueza a través de la aplicación del conocimiento científico- tecnológico.



En esas dimensiones tan peculiares, las leyes del universo adquieren un comportamiento singular, y se observan propiedades y fenómenos totalmente nuevos. Por ejemplo, el carbono en forma de grafito (como en el lápiz) es blando, pero cuando se procesa en la nanoescala y se crean nanotubos de carbono su dureza llega a ser hasta 100 veces mayor que el acero. Los metales, en tanto, resultan más duros y resistentes en el tamaño nano. Justamente, estas nuevas propiedades como las de reactividad, resistencia, conductividad, eléctrica, ópticas, etc, son las que los científicos aprovechan para crear nuevos materiales (nanomateriales) o dispositivos nanotecnológicos.

Como suele ocurrir, en muchos casos los términos se difunden a una velocidad mucho mayor que su significado, es lo que ocurre con el concepto de nanotecnología, que— aunque tenemos la idea general de que se trata de objetos extremadamente pequeños y de las tecnologías utilizadas para transformarlos en objetos útiles para la humanidad— carecemos de una definición, al menos operacional.

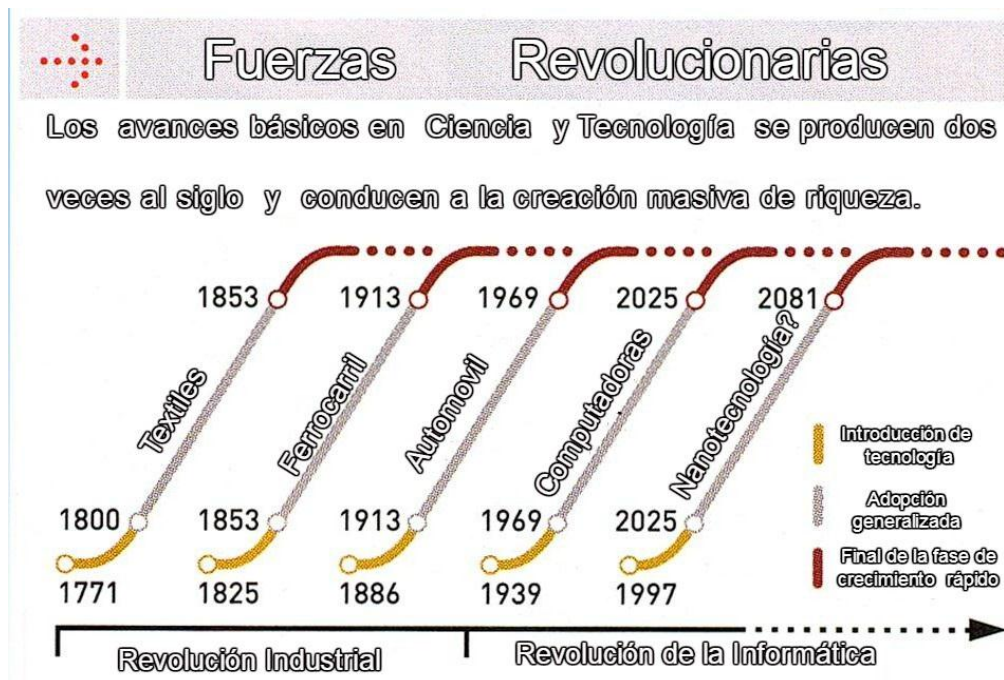
De ahí que dar una definición consensuada de la nanotecnología es una tarea compleja, ya que existen un sinnúmero de definiciones que utilizan diferentes criterios. Parece, no obstante, que existe un acuerdo en cuanto a que la nanotecnología implica una novedad revolucionaria, pues permite manipular y modificar la materia en la escala nanométrica (atómica, molecular y macromolecular).

En el presente trabajo se utilizó la definición empleada por la Royal Society del Reino Unido que divide el concepto en NyN. Establece que la nanociencia es “el estudio del fenómeno y manipulación de los materiales a escala atómica, molecular y macromolecular, donde las propiedades difieren significativamente de aquellas a escala mayor”. Las nanotecnologías—en plural— las definen, a su vez, como “el diseño, la caracterización, la producción y la aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas mediante el control de forma y tamaño a escala nanométrica”. Haremos referencia de ambos términos —NyN— en los casos necesarios para referenciar los tipos de desarrollo de investigación y de tecnología.



## La Nanotecnología como “La Revolución Industrial del Siglo XXI”

Por su potencial transformador, la nanotecnología emerge como un campo de conocimiento que trastoca no solamente el estado de la ciencia y la tecnología, sino sectores económico-productivos generadores de riqueza a través de la aplicación del conocimiento científico-tecnológico. A diferencia de las revoluciones tecnológicas precedentes, cuyo centro de impulso estaba en la energía (Revolución Industrial, invención de la electricidad, el motor de combustión interno), en el procesamiento y transmisión de información (TIC's), o en los seres vivos (biotecnología), las nanotecnologías tienen como centro de impulso la materia en sentido amplio, ya que su potencial es la posibilidad de utilizar las nuevas propiedades de la materia (Foladori, 2016). Este rasgo ha sido últimamente captado globalmente, particularmente por los Estados y las empresas. En este marco, y desde el punto de vista de la economía de la innovación, la nanotecnología aparece como una “fuerza revolucionaria” reconocida políticamente con amplias perspectivas de crear riqueza en las próximas décadas.



Fuente: Norman Poire, Merrill Lynch



De manera similar a cómo se refleja en el gráfico, Carlota Pérez afirma que es “el tiempo de gestación de la próxima revolución (tecnológica)”, basada en una combinación de “biotecnología, nanotecnología, bioelectrónica, nuevos materiales y nuevas energías, en función de las rupturas tecnológicas que se puedan producir, y probablemente moldeadas por la creciente preocupación ambiental” (Pérez, 2005). Asimismo, en tanto las nanotecnologías están revolucionando varios campos de aplicación, es de esperar que las mismas “tenderán a desarrollarse en conexión con algunas de las industrias líderes existentes” (Pérez, 2010), el campo fértil donde las aplicaciones influyen positivamente en la eficiencia de productos y procesos, sino también en los rendimientos económicos. Entre las industrias existentes se podría incluir a la industria nuclear, en cuyo seno el conocimiento juega un rol clave para su desarrollo.

Teniendo en cuenta este amplio campo de oportunidades para la nanotecnología, resultan fundamentales las políticas públicas de los diferentes Estados del mundo que tienen como perspectiva fomentar la difusión y aplicación socio-productiva de esta tecnología. En los últimos años, el papel económico de la tecnología no ha dejado de crecer y, sobre todo, de hacerse cada día más evidente; pudiéndose decir que ha aparecido una nueva forma de producir bienes y servicios.

Hasta no hace demasiados años, el factor limitativo al desarrollo tecnológico de las empresas estaba en las dificultades para acceder a la tecnología. Las empresas encontraban problemas para acceder a las soluciones tecnológicas y además existían importantes problemas de financiación. Ante esta situación, pocas empresas buscaban estrategias en base a las ventajas que proporciona el conocimiento tecnológico. Las empresas cuya base de competencia estaba en la tecnología eran grandes empresas que operaban a nivel mundial u otras de menor tamaño que se encontraban ubicadas en nichos de alto nivel tecnológico a nivel internacional. El resto de las empresas se dedicaba a competir en mercados locales, en ocasiones protegidos, y basaban sus posibilidades de competencia en las tecnologías adquiridas, tanto las incorporadas a bienes de equipo o productos semielaborados como en forma de licencias ó Know-How.





Esta situación ha cambiado de forma importante. Según Foladori, hoy todas las empresas están obligadas a competir en un mercado cada vez más global y se enfrentan a esta nueva Revolución Industrial que penetra todos los sectores económicos de manera más o menos simultánea, porque todos los sectores utilizan algún tipo de material, y éstos pueden ser manipulados en tamaño nano desarrollando novedosas funcionalidades.

La nueva Revolución Científica Tecnológica es reciente porque se necesitó del desarrollo de los microscopios atómicos a finales de los años ochenta y durante los noventa para que las nuevas manifestaciones de la materia –que en muchos casos ya se conocían– pudiesen ser medidas con precisión. Además, fue el lanzamiento de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de Estados Unidos en 2001 lo que provocó que muchos otros países invirtieran en Investigación y Desarrollo de nanotecnologías para no quedar rezagados. Las nanotecnologías constituyen la Revolución Tecnológica que arrancó con el siglo XXI. Según la consultora científica Lux Research, desde el año 2001, casi todas las economías desarrolladas y en desarrollo han iniciado programas nacionales de nanotecnología. Los gobiernos invierten 10 mil millones de dólares por año en I+D.

Varias razones permiten comprender que ningún país puede quedar al margen. La inserción de la nanotecnología ha sido más pronunciada a lo largo de la última década, ya que los gobiernos de los países más avanzados del mundo han realizado una apuesta decidida por invertir grandes recursos financieros para fomentar la investigación en nanotecnología.

A nivel económico, los estados que no producen con nanotecnología ya están importando productos de la nanotecnología muchas veces sin saberlo; lo cual tendrá impactos en la división social del trabajo, en la formación de las cadenas de valor, y en efectos no buscados como los potenciales riesgos a la salud y el medio ambiente. Caso contrario, hay multitud de informes que contabilizan las grandes sumas de capital que la nanotecnología ha logrado atraer (Roco, 2005; Comisión Europea, 2005; Correia, 2007; Delgado, 2008; Delgado, 2009; Kleike 2009).

Sin embargo, una gran parte de la inversión efectuada hasta la fecha tiene su origen en los fondos públicos, como suele ocurrir con las ramas más emergentes del saber. Estos



Recursos se han utilizado de forma similar en casi todos los países: para financiar proyectos multidisciplinares, la adquisición de costosos equipamientos, y la construcción de centros específicamente orientados a la investigación en nanotecnología.

El autor Pedro Serena en su artículo “La implantación de la nanotecnología en España: muchas luces y algunas sombras” se plantea lo siguiente:

¿Qué fuerza empuja a los gobiernos de las naciones más poderosas para mantener un ritmo creciente de inversiones en nanotecnología? No cabe duda que detrás de estas cantidades astronómicas existe la convicción entre los responsables políticos de que los desarrollos y avances de la nanotecnología van a constituir la base para la próxima revolución tecnológica. Una revolución tecnológica que, en convergencia con los avances en tecnologías de las comunicaciones, en biotecnología y en el ámbito de las neurociencias, puede suponer el tránsito hacia un nuevo modelo económico y social (Roco, 2002; Comisión Europea, 2004 A; Fontela, 2006; Delgado, 2008). Dicha revolución supondrá una gran oportunidad de negocio para las empresas de aquellos países que hayan tenido la capacidad de vislumbrar ese revolucionario futuro. Ahí reside, en parte, la fuerza que sigue impulsando la inversión en nanotecnología. La percepción de la existencia de un gran negocio ha propiciado que el sector privado vaya aumentando su peso en la financiación de la nanotecnología. Se estima que la inversión conjunta público-privada en nanotecnología ha sido superior a los 18.200 millones de dólares en el año 2008 (Lux Research, 2008). Sin embargo, no todas las iniciativas para introducir las nanotecnologías en la industria van a generar beneficios de forma inmediata, lo que ha sido utilizado por algunos sectores para hablar del fracaso de las expectativas creadas.

Las cifras del negocio vinculado alcanzaron en 2007 un volumen cercano a los 147 mil millones de dólares según la consultora financiera “Lux Research” (Lux Research, 2008). Se prevé que para el año 2020 éste mercado alcanzara la increíble cifra de 3 trillones de dólares a nivel mundial.

Sin embargo, es fácil predecir que este negocio estará muy desigualmente repartido pues los habitantes de las economías más desarrolladas (EUA, Japón, la Unión Europea, Canadá, etc.) serán los grandes impulsores, clientes y beneficiarios del mismo.





A nivel científico-tecnológico, los investigadores de las diferentes ramas están al tanto de lo que se publica y se ven presionados por formarse en estas nuevas nanociencias y nanotecnologías. Internet, las revistas científicas en línea, los congresos, las redes de colaboración en investigación hacen que el investigador esté en conocimiento de la discusión científica internacional no importa donde se localice físicamente.

A nivel político, los organismos internacionales como la Organización de Estados Americanos(OEA), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y el Banco Mundial (BM) han colocado en sus agendas de cooperación para el desarrollo a las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo ( Drillhon, 1991), junto con las TIC´s y las Biotecnologías ( Foladori, 2013).

Frente a esta situación es de importancia reflexionar sobre cómo se están enfrentando los países de América Latina a esta Revolución Tecnológica, en especial Argentina.



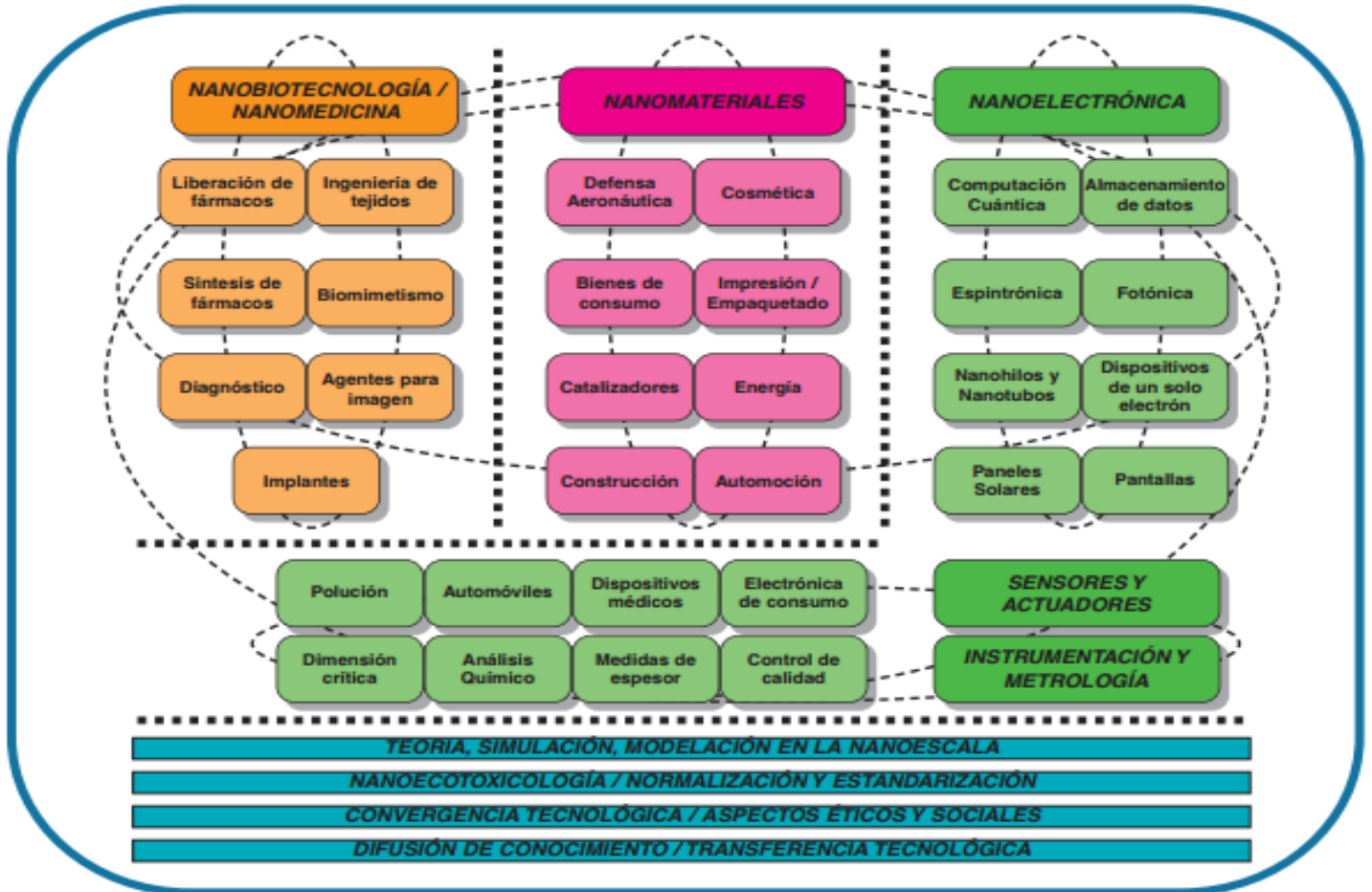
## Tecnologías de Propósito General

La nanotecnología, junto con TIC's y la Biotecnología, forman parte de lo que se denomina como tecnologías de propósito general (TPG), es decir, “tecnologías genéricas que afectan a un conjunto amplio de sectores y que, por esa misma razón, pautan los incrementos de productividad y calidad de los bienes y servicios, así como la competitividad internacional del sistema productivo”. Ellas disponen de la capacidad de “afectar la dirección del progreso técnico en múltiples sectores y, al mismo tiempo, redefinir los patrones de demanda (...) Así, la difusión (de las TPG) es sin duda una fuerza fundamental que conformará las estructuras productivas y la inserción internacional de los países en los próximos años” (Vila Seoane, 2011).

En este marco, la nanotecnología aparece, entonces, en un rol transversal y multidisciplinar, por lo que se dificulta poder categorizar todos los campos de aplicación, los cuales se van acrecentando a medida que avanzan sus frentes de inserción.

A nivel social debemos destacar el fuerte impacto debido a sus múltiples frentes de aplicación. Cuando se habla del impacto social de las Nanotecnologías se alude a su enorme capacidad para generar materiales, dispositivos e instrumentos que introducirán cambios en procesos de fabricación y en nuestra vida cotidiana. Los sectores más afectados por las Nanotecnologías son la industria en general, la medicina, seguridad y defensa, producción y almacenamiento de energía, gestión medioambiental, transporte, comunicaciones, electrónica, educación y ocio.

En la siguiente figura se puede apreciar el enorme potencial de aplicaciones de la Nanotecnología:



“Nanociencia y Nanotecnología en España” (Fundación Phantoms, 2008)

Sin embargo, Hurtado, Lugones y Surtayeva (2017) ponen de manifiesto la debilidad de la capacidad organizacional necesaria en los países semiperiféricos como Argentina, para hacer frente al nivel de complejidad del estadio de irrupción de esta nueva TPG. Plantean que quizás este concepto, sea más propicio en el contexto de una economía de país central con capacidad para liderar en tramas productivas globales, ya que los países semiperiféricos logran ocasionalmente ingresar y competir con relativo éxito en segmentos dinámicos de alguna TPG solamente cuando ésta ya ha entrado en su fase de madurez y decrece el interés en las economías centrales.



## Cadena de Valor

El esquema presentado por la consultora Lux Research en la publicación “*Nanomaterials State of the Market. Stealth Success, Broad Impact*” (2008) propone la definición de cadena de valor para la Nanotecnología, en la cual se pueden identificar los siguientes eslabones:

1. **Nanomateriales:** La primer parte de la cadena está compuesta por los nano insumos, que son estructuras a escala nanométrica sin procesar, como nanopartículas, nanotubos, puntos cuánticos, dendrímeros o materiales nano porosos.

2. **Nanointermediarios:** El segundo eslabón está compuesto por nanodispositivos, que ya son productos intermedios con algunas de sus características dependientes de las propiedades de elementos en escala nanométrica. Por ejemplo, en revestimientos, tejidos, memorias y chips lógicos, componentes ópticos, materiales ortopédicos, cables superconductores, entre otros.

3. **Productos nanoenriquecidos:** El tercer eslabón de la cadena corresponde a los productos finales o terminados que incorporan nanomateriales o nanointermediarios en su diseño, como autos, vestimenta, aviones, computadoras, otros dispositivos electrónicos, alimentos procesados, productos farmacéuticos, entre otros.

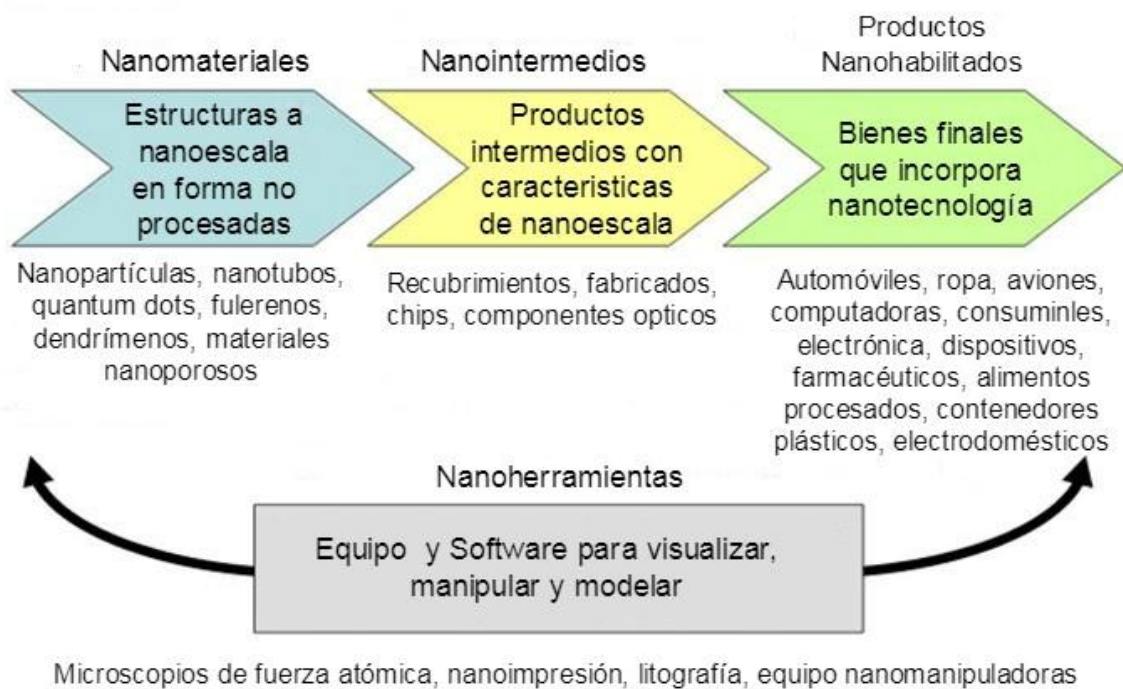
4. **Nanoherramientas:** Un elemento que canaliza los tres eslabones citados anteriormente son las nanoherramientas. Implican los equipos, instrumentos y *software* usados para visualizar, manipular y modelar la materia a nanoescala, como equipamiento de litografía, nanomanipuladores, microscopios de fuerza atómica, etc.

La consultora Lux Research presenta la cadena de valor de las nanotecnologías con las cuatro etapas: nanomateriales, nano intermediarios, productos potenciados por la



nanotecnología y la producción de instrumentos que permea todas las etapas porque abastece al resto de la cadena.

### Cadena de Valor de la Nanotecnología



La cadena de valor de la nanotecnología. Fuente: (HOLMAN, 2007; LUX RESEARCH, 2004)

En esta figura puede verse que pueden desglosarse cada una de las etapas, dependiendo del nivel de la división de trabajo. La ubicación de cada empresa o país en una cadena de valor como la ejemplificada permite entender los vínculos que tiene hacia atrás y hacia adelante, ya que dependerá de otros productores y políticas comerciales de diferentes países (Zayago, Foladori, y Arteaga, 2012).



## Composición Interdisciplinar

Esta característica se refiere a la convergencia de una serie de ramas de la ciencia, antes inconexas, que construyen el cuerpo de las NyN.

No es sólo la necesidad de combinar expertos en distintas técnicas y áreas del conocimiento lo que origina la interdisciplinariedad de la NyN. Se trata también de que al reducir el tamaño de los objetos para estudiarlos, llega un momento en que todos están constituidos por átomos y moléculas.

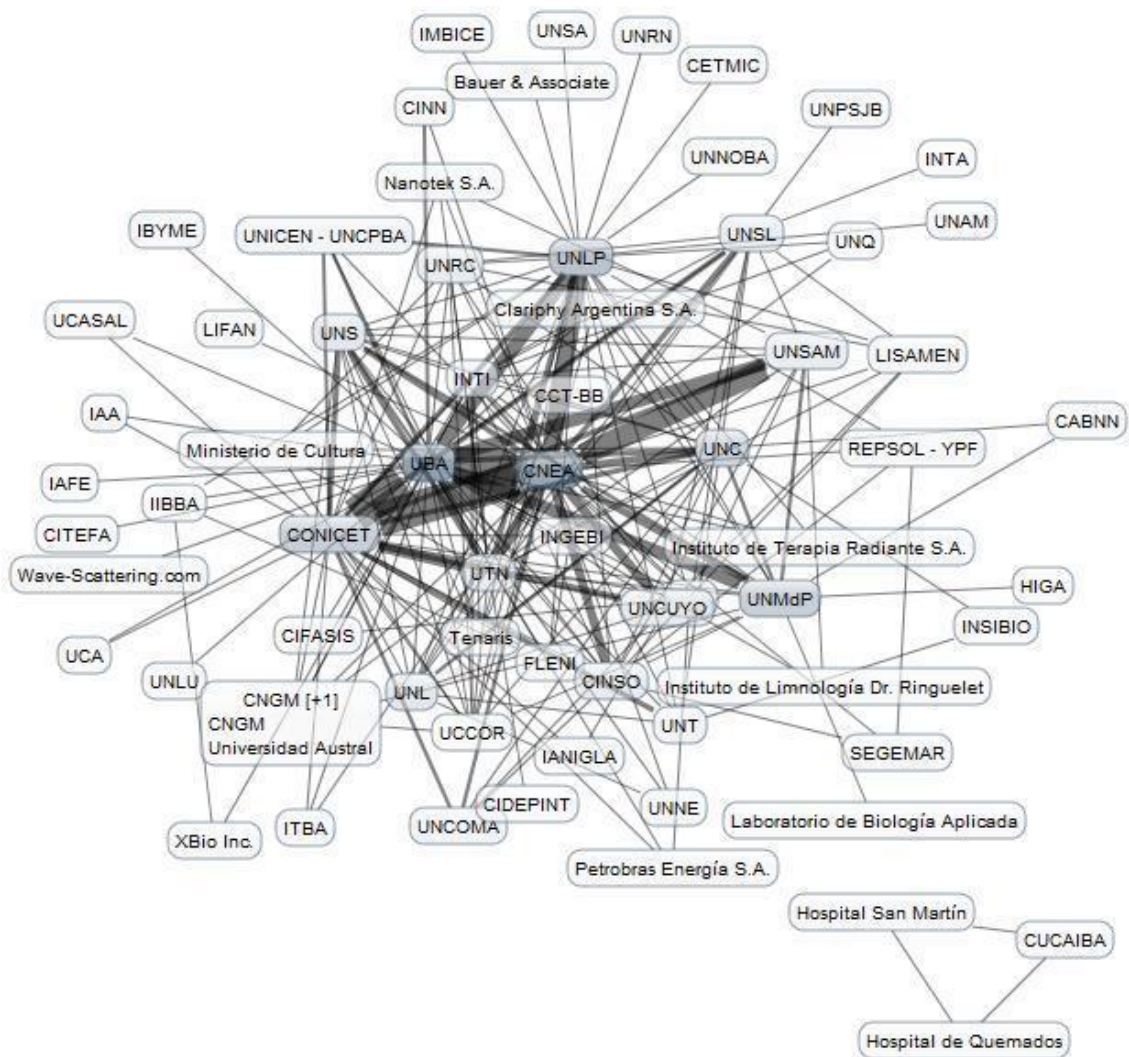
Y así, por ejemplo, Gago José Ángel Martín comenta en su libro “Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro” lo siguiente:

*“Para construir un dispositivo biosensor y que ese nuevo dispositivo funcione, el biólogo deberá saber de física cuántica, y el físico, de biología. Por eso, el desarrollo de esta nueva ciencia exige no sólo utilizar técnicas de fabricación, visualización y caracterización muy precisa, sino también un acercamiento multidisciplinar que reúna a físicos, químicos, biólogos, tecnólogos y teóricos trabajando juntos y utilizando el mismo lenguaje. De hecho, para todos ellos, los átomos y moléculas son los ladrillos constituyentes de los objetos que estudian. La nanoescala es su punto de encuentro”.*





En el siguiente grafico se puede apreciar la estructura de redes de colaboración entre las diferentes entidades en Argentina en el campo de las NyN:



Redes de colaboración entre las entidades argentinas con publicaciones científicas (Mincyt, 2012)



## Instrumental Científico Específico e Infraestructura

Un rol determinante para el desarrollo de las NyN es el equipamiento técnico y construcción de infraestructura. Los instrumentos de microscopía han sido y parecerían ser crucial para el desarrollo de las NyN.

El desarrollo del instrumental de microscopía que permite la observación y la medición de los átomos y moléculas, se produce a principios de los años `80 posibilitando importantes avances en el área. La creación del Microscopio de Túnel de Barrido (Scanning Tunneling Microscope o STM), diseñado por investigadores del laboratorio de IBM en 1981 permitió a la comunidad científica algo prácticamente impensable hasta entonces: visualizar, medir y manipular los átomos que componen la materia. La importancia de este hallazgo radica en la posibilidad de ver y mover átomos, mediante un acercamiento nunca antes realizado y que modificó completamente la percepción de los materiales. Este punto es fundamental y distintivo en el modelo nanotecnológico.

Al poco tiempo se inventó el microscopio de fuerza atómica (Binnig et al, 1986), que puede ser utilizado en todo tipo de materiales, ensanchando las posibles muestras a estudiar con el mismo, y en 1991, se inventó una versión modificada (Haberle et al, 1991) que permite usar el microscopio de fuerza atómica en células. Además, la introducción comercial de estos equipos fue veloz. En 1987 se empezaron a vender las primeras unidades de los microscopios de efecto túnel, y en 1990 los de fuerza atómica, lo cual permitió y motivó el crecimiento en las investigaciones en Nanotecnología.

En síntesis, el rol de los instrumentos de microscopía ha sido y parecería ser crucial para el desarrollo de la Nanotecnología, siendo primordial para poder conectar los distintos campos de investigación científica y tecnológica entre sí.

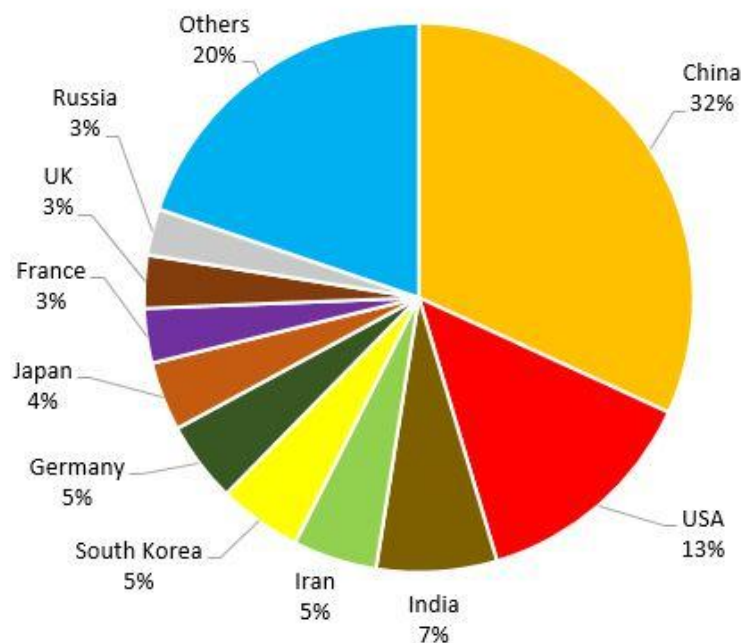




## 9. Panorama Internacional

De acuerdo con StatNano, un portal encargado de monitorear el estado del desarrollo y las políticas de la nanotecnología en el mundo, más de 154.000 artículos relacionados con la nanotecnología fueron indexados en Web of Science (WoS) en 2017, de los cuales el 50% de ellos fueron publicados por China, los Estados Unidos India, Irán y Corea .

A su vez es probable notar que estos países son los primeros en optar por colaboración científica en forma conjunta. Por ejemplo, el 10% de los artículos sobre nanotecnología de China fueron publicados en asociación con Estados Unidos y también la India tiene una importante colaboración científica con Estados Unidos y Corea del Sur. El siguiente gráfico muestra la participación normalizada de los 10 países principales en publicaciones sobre nanotecnología:



Fuente: StatNano.com (2018)



La Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos (USPTO) y La Oficina Europea de Patentes (OEP) se conocen como las oficinas de patentes más importantes en el mundo. Las estadísticas obtenidas de la Base de datos Orbit mostraron que 19.563 patentes de nanotecnología se han publicado en la USPTO en 2016, entre los cuales 8.484 son concedidas como patentes y 11.079 son solicitudes de patentes publicadas.

Aproximadamente la mitad de estas patentes pertenecen a los Estados Unidos, mientras que Corea del Sur, Japón y Taiwán poseen las siguientes filas.

Con la nueva definición de StatNano basado en ISO / TS 18110, las patentes de nanotecnología bien debe tener al menos una reclamación relacionada con la nanotecnología ó tienen un código de clasificación relacionadas con la nanotecnología de acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (IPC).

Sobre la base de esta definición, un número de 3.589 patentes se han publicado en el campo de la nanotecnología en EPO en 2016, aproximadamente el 18% del número total de las patentes de nanotecnología publicados en USPTO. Un número de 2.006 patentes se conceden mientras que 1.583 se publican solicitudes de patente.

La Tabla 1 muestra los 10 principales países en las patentes de nanotecnología en la USPTO y EPO en 2016. Los países se han clasificado de acuerdo con el número de patentes concedidas USPTO debido a la importancia de esta oficina.

Estados Unidos posee la primera fila por tener una cuota de más del 50% de todas las patentes de nanotecnología en la USPTO. Corea del Sur y Japón poseen la segunda y tercera filas con una gran distancia de los Estados Unidos. Es notable en este ranking que Corea del Sur superó a Japón en este campo en 2016.



Tabla 1

País	Patentes (UPSTO)	Patentes (EPO)	Crecimiento en patentes UPSTO	Crecimiento en patentes EPO
E.E.U.U.	4316	577	-1.12	37.05
Corea del Sur	914	105	8.94	101.92
Japón	819	188	-9.20	4351
Taiwán	514	19	2.80	58.3.3
China	416	59	5.85	110.71
Alemania	301	289	-1.95	26.20
Francia	210	208	-13.22	36.84
Países Bajos	136	71	-12.82	65.12
Reino Unido	123	81	9	0
Canadá	106	22	-3.54	0

\* Clasificación de acuerdo con el número de patentes publicadas en USPTO.

## 10. Panorama en América Latina

En la primera década de este siglo, la NyN fue incorporada como área estratégica de desarrollo de políticas públicas en América Latina. En consonancia se fueron creando centros de investigación y laboratorios especializados, muchos de los cuales llegaron a nivelarse con la excelencia internacional.

Vale aclarar que a nivel científico las primeras investigaciones surgen por lo menos una década antes de las políticas que los promuevan. Las publicaciones científicas de los años noventa lo demuestran, aunque en aquel entonces el término “partículas ultrafinas” era de uso más común que el actual de nanomateriales (Robles-Belmont y Vinck, 2011). Al menos en países –como Brasil, México y Argentina–, la investigación en las ciencias de



materiales a escala nanométrica no fue resultado de ninguna política pública al respecto (Foladori, 2016).

En esta Región, el grueso de los fondos para I+D en NyN es de origen público. Mazzucato en su libro el “Estado Emprendedor” sostiene que estos tipos de inversión pública son cruciales para la creación y la formación de nuevos mercados. A modo de ejemplo comenta que la inversión pública fue central en el desarrollo de casi todas las tecnologías que hacen del iPhone un teléfono inteligente: Internet, GPS, las pantallas táctiles y los avances en reconocimiento de voz en los que se basa Siri. Reconocer la importancia de la inversión pública para la promoción de la innovación y el crecimiento, nos obliga a reconsiderar las ideas convencionales sobre la intervención estatal. Sostiene que en vez de concentrarse en determinadas empresas o tecnologías, los organismos públicos deberían actuar como los inversores y apostar a una “cartera de opciones diversificada”

Es así como se plantea la necesidad que el Estado desempeñe un rol inicial de estimulación, y que sector privado se encargue, a partir de allí, en invertir en I+D y en incorporar los conocimientos a los procesos productivos para llegar con productos al mercado.

Sin embargo, es dable destacar que en la órbita de lasNyN nos encontramos ante la falta de cadenas de producción articuladas, por tratarse de un mercado desconocido, con productos nuevos, disruptivos y que algunos casos crean nuevas cadenas de producción, lo cual se ralentiza el acceso a los créditos y al mercado en funcionamiento. Debido a las condiciones de incertidumbre que plantea esta nueva TPG, se evidencia la falta de inversión en I+D por parte del sector privado (Foladori,2016).

Brasil, México y Argentina, naciones cuyo sistema científico tecnológico representa un poco más de las  $\frac{3}{4}$  partes del potencial de Latinoamérica como un todo, fueron los primeros en manifestar el estímulo por el desarrollo de consolidar grupos de investigación en nanotecnología, avanzada la segunda década del siglo XXI.

A continuación se describen brevemente la inserción de las NyN en los países citados:



### **Brasil:**

Fue el pionero regional en incentivar con fondos públicos el desarrollo de las NyN, ya desde inicios del milenio. El Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) y sus agencias, comenzaron a estimular este desarrollo hacia fines del año 2000, reuniendo a científicos del área nano para preparar un plan de acción.

En el 2001, el MCT, a través de la Agencia de Financiamiento Brasileño de Investigaciones Científicas (el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq), destinó el primer plan de acción en formar redes de investigación en cooperación, para consolidar el conocimiento en el sector.

Se generaron cuatro redes: i) materiales nanoestructurados, ii) nanobiotecnología, iii) nanotecnologías moleculares e interfaces, y iv) nanodispositivos semiconductores y materiales nanoestructurados.

A finales del 2004, se creó una red de nanotecnología, sociedad y medio ambiente. Fue en ese mismo año que el gobierno federal brasileño dio a conocer su Plan Plurianual (2004-2007), para el desarrollo de NyN– DNN, para desarrollar nuevos productos y procesos con el fin de aumentar la competitividad de la industria de Brasil.

En el año 2005, dentro del DNN, se creó la red BrasilNano, con el fin de involucrar empresas y centros de investigación para acelerar el desarrollo industrial y comercial de las nanotecnologías. Éste financió actividades de I+D, con especial atención a las asociaciones entre universidades y empresas, la construcción y renovación de laboratorios, proyectos de incubadoras y la calificación de los recursos humanos.

Entre el año 2005 y el año 2009, diez nuevas redes cooperativas fueron financiadas y otras 17 fueron lanzadas en el 2010.

El MCT invirtió desde la formulación del primer programa de nanotecnología, en el año 2004 hasta el año 2009 un valor próximo a los 314 millones de reales, que serían alrededor de 190 millones de dólares.



### **México:**

Desde el año 2001, México incursiona en las NyN y es que entonces el gobierno reconoce como un área estratégica en sus políticas de ciencia y tecnología (Conacyt, 2002; Cimav, 2008; Takeuchi, 2011; Záyago y Foladori, 2012).

A partir del 2009, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), órgano máximo de orientación y financiamiento de la ciencia y tecnología en México, financia una Red Nacional de NyN, para aglutinar y facilitar el trabajo científico. Varios fondos públicos se han destinado a impulsar la investigación entre los centros públicos y privados de investigación y las empresas. Posee 56 instituciones más de 159 laboratorios dedicados a esta disciplina e investigadores con alrededor de 340 proyectos de química, electrónica, física y otros.

Algunos autores lo estiman en sesenta millones de dólares durante el último quinquenio de la primera década del siglo (Takeuchi y Mora, 2011). En junio de 2008 el *cluster* de NyN más avanzado en México, ubicado en las afueras de la ciudad de Monterrey, en el estado de Nuevo León, abrió sus puertas. Existen, no obstante, otros *clusters* de alta tecnología que también trabajan en NyN.

Según diferentes indicadores de Ciencia y Tecnología, México se halla en segundo lugar en el desarrollo de las NyN en América Latina, después de Brasil y seguido por Argentina (Robles-Belmont, 2012).

### **Argentina:**

Durante los últimos años la Argentina ha implementado políticas a fin de incentivar la I+D por medio de los principales grupos de investigación e instituciones públicas a través de los contactos con redes internacionales que estaban involucrados en proyectos de investigación en NyN.

Sus comienzos se remontan a principios de la década de 2000. El desarrollo en el área de las NyN aún era incipiente, con algunos de sus actores que ya habían comenzado a trabajar en la temática. A partir de este primer involucramiento se pudo pensar en la articulación de alianzas socio-técnicas estables que serán de gran utilidad dentro de este



campo, principalmente en todo en lo relacionado a las discusiones respecto de las agendas de investigación a nivel a estatal, así como también en la de otros campos disciplinares relacionados con las NyN (biotecnología, bioquímica, Tics, entre otros), haciéndose hincapié en muchos casos en la importancia de éstas para el desarrollo económico de las naciones.

Dentro de este panorama, existe la imperiosa necesidad de resaltar el rol de la política y la tecnología adecuada a cada país, cada región y contexto. La comprensión de cómo se forman las agendas de las políticas públicas, cómo son definidos los problemas por sus actores y precisar cuáles son los elementos que permiten tomar decisiones, validarlas e implementar las acciones, pone en evidencia que la política puede ser comprendida como una tecnología de la organización social y de intervención sobre la sociedad (Serafim y Díaz, 2010). En el año 2003, la entonces Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva instauró a las NyN como temática prioritaria de financiamiento público, con la implementación de nuevas herramientas de financiación y promoción del Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT): uno de los primeros instrumentos fue el Programa de Áreas de Vacancia (PAV) destinado a desarrollar áreas de vacancia temática y/o geográfica.

En marzo del 2004 se realizó un primer taller sobre NyN organizado por la ex Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SeCyT), del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, dando forma a los primeros instrumentos (SeCyT, 2004). En ese taller se plasmó la necesidad de conformar una red nacional que reuniera a los científicos que trabajaban en las áreas de NyN, conformando comisiones de trabajo para elaborar un documento preliminar con ideas y recomendaciones para delinear el nuevo instrumento “PAV”. Este concepto de vacancia es asociado a la necesidad de producción y consolidación de conocimientos en áreas estratégicas tanto para el fortalecimiento científico como para el desarrollo económico, social y productivo.

Desde este programa se financiaron los primeros proyectos de Nanotecnología en Argentina, que constituyeron los primeros trabajos a nivel nacional, formando las cuatro





redes de NyN reconocidas y financiadas públicamente hasta mediados del 2007 y cuya organización es la siguiente:

- **Laboratorio en red para diseño, simulación y fabricación de nano y micro dispositivos, prototipos y muestras:** Cuyo objetivo era establecer una red de laboratorios con capacidad para diseñar, simular y fabricar muestras, prototipos y dispositivos de la micro y nano-escala con un financiamiento de \$ 898.769. La red está integrada por equipos del Centro Atómico Constituyentes y Bariloche, las universidades nacionales de Buenos Aires, San Martín, Entre Ríos y Nordeste, Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, centro de investigación CONICET/ Universidad Nacional del Litoral (INTEC) y el Instituto de Medicina y Biología Experimental de Cuyo de CONICET con sede en la ciudad de Mendoza (IMBECU).

- **Autoorganización de bionanoestructuras para la transmisión de información molecular en neurobiología y procesos biológicos:** Esta red fue financiada con \$ 893.694 y reúne equipos de investigación de las universidades nacionales de Córdoba, San Luis, Tucumán y del Centro Atómico Bariloche. La característica de estos equipos es que permiten estudiar por diferentes canales y métodos (la química computacional y la dinámica molecular de biomoléculas entre ellas) la autoorganización de péptidos bioactivos y hormonas en sistemas biomiméticos, y la autoorganización de interfaces relevantes para la neurobiología, la biocatálisis y la bioremediación.

- **Red argentina de nanociencia y nanotecnología: materiales nanoestructurados y nanosistemas (MaN):** El objetivo es conformar una red de equipamiento que investiguen diferentes nanomateriales, en particular superficies y recubrimientos, y diseñan nueva instrumentación para nanotecnología. Se estudian entre otros fenómenos como nanomagnetismo, spintrónica y nanoelectrónica de los materiales nanoestructurados y nanosistemas obtenidos mediante diferentes rutas de síntesis. Estos





materiales prometen aplicaciones en diferentes campos, en particular el de la electrónica y el de la catálisis. Esta red fue financiada con \$ 899.959 y se integra por equipos de los centros atómicos Constituyentes y Bariloche y las universidades nacionales de Buenos Aires, Córdoba y San Luis.

○ **Red argentina de nanociencia y nanotecnología molecular, supramolecular e interfases, dedicada a la síntesis por autoensamblado molecular y caracterización microscópica de nanomateriales:** biomateriales, nanopartículas bimetálicas, películas micro y mesoporosas, etc. Otros integrantes de esta red trabajan en simulaciones computacionales. Los materiales sintetizados y/o o diseñados a partir de las simulaciones presentan potenciales aplicaciones en campos tales como el de la biocatálisis, la catálisis, la optoelectrónica y microelectrónica, y en diferentes tipos de sensores, entre otras. Su financiamiento fue de \$ 861.560.

Así, el lazo de cooperación entre científicos y laboratorios argentinos, permitían compensar las carencias de equipamiento e infraestructura, apuntando a equilibrar las desigualdades al seno de la comunidad científica nacional. Como resultado de esta convocatoria se fortalecieron relaciones y colaboraciones preexistentes entre los investigadores que las conformaron. A estas redes se fueron sumando posteriormente, además, equipos de investigación que no habían formado parte de la convocatoria original (Andrini y Figueroa, 2008). Estas redes de NyN en Argentina involucran en la actualidad cerca de 900 investigadores de distintos laboratorios e instituciones del país.

Como se puede inferir, la idea de “red” era la de facilitar los intercambios entre investigadores y el acceso al instrumental para llevar adelante los experimentos, promoviendo el trabajo multidisciplinario, superando aquel tejido fragmentado de los esfuerzos de los investigadores, grupos e instituciones.



Ese mismo año, se lanza la convocatoria para el armado del plan bicentenario en ciencia y tecnología, ubicando a las nanotecnologías dentro de las áreas prioritarias.

En el año 2005 el Ministerio de Economía y Producción de Argentina creó por decreto del Poder Ejecutivo Nacional la Fundación Argentina de Nanotecnologías (FAN). La creación de esta fundación, entidad de derecho y sin fines de lucro tiene por objeto promover la infraestructura humana y técnica en el campo de micro y nanotecnología fomentando su inclusión en la industria nacional. La misma generó, desde sus comienzos, tanto elogios como críticas abriendo una oportunidad para discutir algunos aspectos de las NyN como consideraciones legales, fuentes de financiamiento y aplicaciones posibles. Los objetivos de la FAN, que desde 2007 es coordinada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, incluyen apuntalar los vínculos entre organismos públicos que producen ciencia y tecnología y empresas que podrían aplicar esos conocimientos en sus productos. Esto es, entre investigadores, laboratorios e industria estimulando, en particular, la participación de empresas privadas en el desarrollo de las NyN en Argentina.

Ese mismo año ocurre otro hecho de suma importancia: Nace el Centro binacional Argentino Brasileño de Nanotecnología (CABNN) por acuerdo entre los gobiernos de ambos países. Sus objetivos consisten en:

- Promover el intercambio, la transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos, la formación y capacitación de recursos humanos argentinos y brasileños.
- Elaborar y ejecutar proyectos de I+D dirigidos a la creación de conocimientos, productos y procesos y apoyo a laboratorios en ambos países.
- Elaborar estudios y propuestas para la integración de los sectores públicos y privado estimulando la creación de empresas binacionales.



- Estudiar los aspectos relativos a patentes y propiedad intelectual e industrial en la comercialización de productos y procesos.

Este instrumento tiende a replicar, y reforzar, los intercambios entre Argentina y Brasil en el campo tecnocientífico, intercambios que anticipamos al mencionar las colaboraciones formales e informales entre científicos de ambos países y cuya particular organización tiene como antecedente al Centro Argentino Brasileiro de Biotecnología (CABBIO). El CABNN es coordinado de forma conjunta por responsables científicos argentinos y brasileros que cambian cada dos años así como un consejo científico asesor conformado también por investigadores de los dos países.

En el año 2006, se establecen las bases para el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación “Bicentenario” (2006-2010) incluyendo a las NyN. En el mismo Plan se indica que dichas áreas hacen referencia a problemas de desarrollo productivo y social y a oportunidades emergentes en la producción de bienes y servicios, y en los que la investigación científica y el desarrollo de tecnologías, fundamentalmente las llamadas emergentes, pueden aportar soluciones y/o nuevas perspectivas” (SECyT, 2006). Incluir a las NyN entre las áreas problema –oportunidad y por consiguiente, de interés prioritario para el Estado, era articulado también con el Plan Estratégico de Ciencia y Tecnología (2005-2015) (Lugones y Osycka, 2016).

Un nuevo instrumento del FONCyT surge: Los Proyectos de Áreas Estratégicas (PAE) con el objeto de fomentar la creación de conocimiento, la resolución de problemas y el aprovechamiento de oportunidades emergentes así como el afianzamiento de la interacción interinstitucional. Se diferenciaban de los PAV, en la medida que los PAE apuntaron a financiar proyectos que no tuvieran como único propósito generar conocimiento sino que además debían solucionar problemas productivos-sociales calificados como prioritarios.



En el año 2007 se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT) lo que significó la priorización y jerarquización de las políticas de Ciencia, Tecnología en el país. La Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT) se sumó como organismo descentralizado bajo la órbita del MINCyT.

En el año 2009, se incorporó un nuevo fondo, que recibió financiamiento del Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) y se focalizó en fomentar el desarrollo de áreas de alto impacto productivo y social: Nanotecnología, Biotecnología, TIC, Energía y Agroindustria. Se trataba del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC).

La convocatoria en Nanotecnología, denominada FS NANO 2010, tuvo como objetivo financiar parcialmente proyectos que tuvieran como meta generar plataformas tecnológicas o espacios para promover la innovación en el área Nano, a los fines de alcanzar el desarrollo de productos y tecnologías de aplicación general y con potencial impacto en áreas productivas. Se fueron conformando diferentes consorcios públicos-privados en torno a las áreas: nanomateriales, nanointermediarios y nanosensores. Los fondos asignados consistirían en aportes no reintegrables de hasta \$30.4 millones por proyecto, con un plazo de ejecución no superior a 4 años y los fondos de la contraparte debían financiar una suma igual o superior al 20% del costo total del proyecto. Se aprobaron 8 proyectos cuyo monto total subsidiado rondaba los \$75 millones de pesos.

Este volumen de financiación representó un salto cuantitativo importante en relación a los niveles de financiamiento que se venían otorgando hasta esos días. Las tres líneas definidas en la convocatoria respondían a la cadena de valor de la Nanotecnología. Los proyectos debían brindar un esquema asociativo fuerte, demostrar solidez económica y financiera, generar innovación científico-tecnológica con posibilidades reales y concretas de transferencia (Lugones y Osycka, 2016).

Podemos observar hasta aquí una reformulación de los instrumentos de promoción y financiamiento de la ANPCyT apuntando al desarrollo de áreas específicas transversales,



abandonando así la lógica disciplinar representada en gran medida por los Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica cuyo objeto era la generación de nuevos conocimientos en todas las áreas de ciencia y tecnología (PICT). Esta nueva reformulación se traduce en una lógica de cadena de valor y clusters productivos (FS NANO del FONARSEC) –donde los PAV y PAE representaron etapas intermedias en esta transición– (Lugones y Reising, 2012).

En el año 2012, se abrió la convocatoria FS NANO 2012. El objetivo fue financiar parcialmente proyectos en los cuales los consorcios público-privados tuvieran como meta investigar, diseñar y desarrollar tecnologías y/o productos basados en nanopartículas con potencial impacto en las áreas productivas de hidrocarburos convencionales y no convencionales. Existía una lógica focalizada en atender al sector productivo energético (Lugones y Osycka, 2016).

Los Fondos Sectoriales significaron el diseño de un modelo de gestión novedoso con el que se impulsó la innovación desde las etapas iniciales de asociación entre agentes heterogéneos con intereses comunes, pasando por la evaluación de la factibilidad de implementación de las iniciativas hasta la concreción de la innovación buscada. Así, los Fondos Sectoriales representaron una nueva instancia institucional en el diseño y la implementación de las políticas públicas de CTI en Argentina y, consecuentemente, la implementación de una nueva gestión de los instrumentos relativos a esas políticas (MINCyT, 2012).

Como consecuencia, el Plan Argentina Innovadora 2020 plantea un fuerte impulso al fortalecimiento y la actualización de políticas orientadas a consolidar las capacidades de investigación en CyT y a promover la innovación, priorizando aquellas destinadas a fomentar los procesos de articulación entre empresas, en especial PyMEs, y entre ellas e instituciones generadoras de conocimiento (universidades, centros de investigación, instituciones públicas de I+D, etc.) en los núcleos socio-productivos estratégicos (NSPE) detectados, a partir de la articulación de Tecnologías de Propósito General (TPG) y los sectores productivos que integren los NSPE.



A su vez, el Plan Estratégico Industrial 2020 (Ministerio de Industria, 2012) en lo relativo a las NyN presenta un programa del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) - “Programa INTI Micro y Nanotecnología del Bicentenario para el Desarrollo de la Industria Microelectrónica”- centrado en el diseño de circuitos de alta complejidad. Sin embargo, no hace mención a otros NSPE identificados en el Plan del MINCyT para el área de industria.

El autor Diego Hurtado (2015) manifiesta que nos encontramos ante la ausencia de coordinación de ambos planes estratégicos y, en consonancia se refleja la debilidad en las políticas tecnológicas que presumen la posibilidad de que la inversión en NyN pueda llegar a aumentar la competitividad de la economía.

En este sentido, existen muchos desafíos por alcanzar. El mismo Plan Argentina Innovadora 2020 reconoce el camino que resta por recorrer para constituir un entramado institucional denso con altos niveles de conectividad y coordinación, el aumento de la inversión privada, la distribución territorial y la orientación de la I+D (ante la falta la asignación de recursos humanos por áreas estratégicas) para la efectiva resolución de los problemas sociales y productivos del país.

En resumen desde el año 2006 financia y coordina reuniones, escuelas en distintas temáticas vinculadas a las nanotecnologías y encuentros en distintas ciudades que cuentan con la participación de estudiantes e investigadores formados en distintas universidades y centros de investigación. Independientemente de la formación en temáticas y técnicas vinculadas con las NyN que reciben los investigadores, las escuelas y reuniones tienen un segundo propósito que consiste en dar a conocer la infraestructura instrumental y humana que posee cada país a los investigadores del otro y estrechar vínculos que redunden en futuras colaboraciones y trabajos conjuntos (Hubert, 2010).



## 11. Comisión Nacional de Energía Atómica

El Plan Nuclear Argentino nació el 31 de mayo de 1950 con la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica por medio del Decreto N° 10.936, bajo el gobierno del Presidente Juan Domingo Perón. Con el objetivo de brindar un marco institucional al sistema tecnológico nuclear, se colocó a la soberanía política económica como horizonte y la industrialización como vector orientador.

Así, la CNEA iría constituyendo un campo científico-tecnológico que, gracias a la inversión sostenida en equipamiento y en formación de capital intelectual de aquellos primeros años, se convertiría en referente tanto en la región como a nivel mundial.

En la actualidad, la Argentina es uno de los 33 países que cuentan con capacidad nuclear a escala global, entre los que se encuentran los líderes como Estados Unidos, Francia, Japón, Rusia y también Brasil junto a México.

En la historia de CNEA, Jorge Sábato surge como una de las figuras importantes de las primeras etapas del desarrollo nuclear, con su participación activa y el “hacer escuela”. Muchas de sus expresiones son utilizadas en la actualidad, produciendo gran impacto en el ambiente científico-tecnológico local y regional. Desarrolló entre algunos conceptos, las bases de estas políticas conducentes al dominio integral de la materia nuclear:

- **Comprensión por el desarrollo de Recursos Humanos:** la formación de científicos y técnicos altamente calificados, desde físicos, químicos, biólogos, metalurgistas, geólogos, matemáticos, médicos, cristalógrafos, veterinarios, ingenieros, abogados, economistas, etc.; hasta oficios como torneros, fresadores, matriceros, vidrieros, carpinteros, técnicos químicos, técnicos electrónicos, electrónicos, microscopistas, peritos mineros, cartógrafos, etc.





- **Desarrollo de la Infraestructura para investigación:** Infraestructura integrada y distribuida geográficamente en todo el país en Centros Atómicos, y Complejos Fabriles y Mineros, donde se instalaron laboratorios, plantas pilotos, fábricas, talleres, depósitos, aulas, oficinas, bibliotecas, viviendas y lugares de servicios; a los que se suma equipamiento técnico.
- **Desarrollo de Materias Primas Nucleares:** consistente en el conocimiento de las reservas mineras como el uranio; junto con el desarrollo de tecnología necesaria para la extracción y transformación de materia prima nuclear.
- **Desarrollo de una capacidad técnico-científica propia:** “el grado de autonomía con que un país puede trazar su propia ruta en el sofisticado campo de la energía nuclear, (el cual) depende en buena medida de la capacidad técnico-científica propia que haya sabido desarrollar” (Sábato, 1968). Esta capacidad propia consistió, por un lado, en el desarrollo nacional de tecnología nuclear (reactores de investigación, elementos combustibles, placas combustibles, etc.); y en la transferencia de capacidades y resultados de la investigación nuclear a los sectores de la industria nacional.

Una característica institucional, que diferencia a CNEA de otros organismos de Ciencia y Tecnología, fue su relación con el entorno. La política de interrelación social de la institución estuvo dirigida a la transferencia de tecnología y la extensión de la conocimientos prácticos a la industria, en campos que no estaban directamente relacionados con el sector nuclear, pero que en saberes se obtenían como derrame de la investigación y desarrollo específicos (Quilici, 2008).

Se constituye de esta forma como Organismo promotor del área, contando con tres Centros Atómicos: Centro Atómico Ezeiza (CAE), Centro Atómico Constituyentes (CAC) y Centro Atómico Bariloche (CAB).

Desde sus inicios tuvo un fuerte compromiso por la incorporación y generación de recursos humanos de excelencia. Los emblemas rectores de las jerarquías y el respeto en el



área nuclear fueron el conocimiento, la integridad y honestidad intelectual. Los recursos humanos, tanto obtenerlos como mantenerlos, fueron siempre el corazón del desarrollo nuclear. El Instituto Balseiro (emplazado en el CAB) es pionero en ese aspecto, buscando los mejores estudiantes de cada universidad para formar profesionales de excelencia, reconocidos en el mundo, que son el ejemplo palpable de los resultados posibles con una educación pública bien gestionada (Terrado, 2017).

También el Instituto Sábato (dentro del CAC) y el Instituto Dan Beninson (ubicado en el CAE), creados en conjunto con Universidades Nacionales (Universidad Nacional de Cuyo y Universidad Nacional de San Martín); contribuyen al desarrollo de la actividad nuclear del país y de la región. A lo largo de los años los distintos laboratorios de la CNEA han ido incorporando equipos y especialistas que investigan los materiales y su comportamiento en escalas nanométricas, imperceptibles para el ojo humano. Así se han conformado el Laboratorio de NyN y el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN).

### **La nanotecnología en la CNEA: Trayectoria, Institucionalización y Logros**

Memorias de la CNEA 2016

Reconociendo el impacto que la nanociencia y nanotecnología tendrán en el futuro y teniendo en cuenta que esta actividad es por naturaleza netamente interdisciplinaria y requiere la colaboración de grupos con distintas experiencias y capacidades, la CNEA creó en 2007 el Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN) como un programa transversal que coordina las actividades en nanociencia y nanotecnología que se desarrollan en la misma. El INN cuenta con 2 Nodos organizados a través de Consejos Asesores Zonales, el Nodo Bariloche que integra a los profesionales que se encuentran en el CAB, y el Nodo Constituyentes que integra a los pertenecientes al CAC.

A su vez, los Consejos Asesores Zonales de ambos Nodos están integrados por miembros que representan a las diferentes áreas temáticas vinculadas al sector. También cuenta con más de 200 investigadores, tecnólogos y técnicos y una destacable producción científica y tecnológica, que realizan desarrollos innovativos en temas nucleares, en



particular en materia de sensores para centrales nucleares y enriquecimiento por técnicas avanzadas.

El INN tiene como objetivo desarrollar y conducir todos los esfuerzos individuales en esta área hacia la construcción de una plataforma tecnológica que pueda responder a las demandas provenientes del desarrollo de la tecnología nuclear y de la industria en general.

En la actualidad cuenta con infraestructura y equipamiento para realizar procesos de micro y nano-fabricación y para la caracterización de distintos dispositivos, a través de dos Salas Limpias ubicadas en ambos Nodos, y de Laboratorios asociados en ambos Centros Atómicos. Complementan estas capacidades las instalaciones y equipamiento para el desarrollo y montaje de celdas solares, y las modernas facilidades para la caracterización y estudio de propiedades físicas y químicas de micro y nanoestructuras, en particular a nivel estructural, mecánico, de sus propiedades de transporte térmico y eléctrico, en su respuesta óptica y magnética, sus propiedades de superficies, etc.

Asimismo, el Instituto desarrolla programas de colaboración con otras instituciones, tanto en el ámbito nacional como internacional, y organiza reuniones anuales de investigadores y tecnólogos de todo el país que se han transformado en el ámbito natural para la presentación de los avances y la planificación del futuro. Las acciones asignadas al Instituto por la Resolución de Presidencia de la CNEA N°71/10 son las siguientes:

- Coordinar las actividades que se realicen en el área de la nanociencia y la micro y nanotecnología.
- Promover proyectos de inversión tendientes a mantener y fortalecer las actividades referidas.
- Promover, desarrollar y mantener una estructura científica de excelencia, con capacidad para producir innovaciones tecnológicas en el área de su incumbencia.



- Propiciar convenios con instituciones nacionales e internacionales para el cumplimiento de sus fines.
- Contribuir a la formación de recursos humanos altamente especializados en nanociencia y nanotecnología.
- Proponer estrategias para el desarrollo de las micro y nanotecnologías adecuadas a las capacidades propias y a los objetivos institucionales, con distintas dependencias de la Institución y organismos externos.
- Promover la transferencia de tecnología a empresas.
- Promover la generación de conocimientos y capacidades en el área de la nanociencia, micro y nanotecnología entre dependencias de la Institución y con organismos externos.

El INN, a través de sus laboratorios asociados cuenta con la capacidad técnica en:

- **Fabricación**

Diseñar, sintetizar y preparar materiales micro y nanoestructurados ya sea en forma de polvos o películas delgadas. Se cuenta con amplia experiencia en síntesis por vías de química suave y técnicas de depósito de vapor, tanto de compuestos metálicos e intermetálicos como óxidos mixtos cerámicos. Se avanza en la síntesis de materiales nanoestructurados para aplicaciones en sensores y celdas de combustible, análisis de la estructura cristalina de drogas farmacéuticas y simulación computacional de sistemas. Las capacidades científico-técnicas cubren: polvos, películas delgadas, litografía y nanomanipulación y componentes electromecánicos fabricados mediante procesos especiales, en escalas muy reducidas, del orden de los micrómetros. Se utilizan en aplicaciones muy diversas, poseen ventajas como peso, tamaño y consumos de energía muy bajos y aprovechan de otras formas las capacidades de los materiales.

- **Microscopía**

Predecir, entender, diseñar y caracterizar la microestructura de muestras micro y nanométricas en forma de partículas o películas delgadas utilizando diferentes tipos de



microscopias. El interés en la utilización de estas capacidades radica en el entendimiento del origen microscópico del comportamiento físico y químico de diferentes tipos de materiales. Las capacidades científico-técnicas cubren microscopías ópticas, electrónica de barrido y de transmisión, y de barrido de sonda, y otras microscopías basadas tanto en técnicas superficiales como en propiedades físicas fundamentales.

- **Espectroscopia**

Predecir, entender y caracterizar la naturaleza eléctrica y magnética de especies físico-químicas localizadas tanto sobre la superficie como en el interior del material, conocer su entorno cristalino, su estructura electrónica, cuantificar su concentración, etc. El interés científico está puesto en correlacionar el estado atómico con las propiedades de interés y la funcionalidad de diferentes tipos de materiales micrométricos y nanométricos en forma de polvo o películas delgadas. Las capacidades científico-técnicas cubren espectroscopias con iones espectroscópicos con electrones, espectroscopias con ondas electromagnéticas, espectroscopias ópticas, espectroscopias con transporte eléctrico y otras.

- **Cálculo**

Realizar simulación computacional y cálculo en materia condensada, física y química computacional. Los recursos organizados en “clusters” con múltiples tecnologías están orientados al cálculo de propiedades electrónicas, dinámica molecular, método Monte Carlo, DFT, etc.

- **Metrología**

Caracterizar parámetros microestructurales de partículas nanométricas y películas delgadas tales como tamaño de partícula, espesor, porosidad, etc. Las capacidades científico-técnicas cubren:

- Medición del radio hidrodinámico de coloides, polímeros y diversas nanopartículas dispersas en soluciones acuosas y orgánicas. El rango de diámetro accesible se encuentra entre 1 y 1.000 nm.



- Mediciones de espesor e índices de refracción de películas soportadas de diferentes materiales densos y porosos obteniendo isothermas de adsorción-desorción de agua de películas porosas. Estudios del hinchamiento de membranas.

- Mediciones de la composición y del estado de oxidación de los elementos que componen el material. Mapeos de composición con alta capacidad de detección para elementos livianos.

- **Propiedades magnéticas y eléctricas**

Entender, predecir y caracterizar diferentes propiedades eléctricas y magnéticas de materiales volumétricos como películas delgadas o polvo micro y nanométricos. Las capacidades científico-técnicas cubren:

- La comprensión de los mecanismos básicos de transporte eléctrico, las propiedades electrocatalíticas, las propiedades magnéticas y magneto resistentes, etc. en materiales micro y nanométricos.

- La experiencia en diseño y construcción de experimentos de los diferentes grupos asociados al INN permite llevar a cabo experimentos específicos con control de temperatura y atmósfera. Las capacidades científico-técnicas cubren magnetización DC y AC, espectroscopía por resonancia paramagnética y ferromagnética, microscopia con contraste magnético, de sonda y efecto Kerr, propiedades eléctricas DC y AC con y sin campo magnético aplicado desde 5K -1273K, propiedades termoeléctricas con campo magnético, calor específico con campo magnético y propiedades eléctricas de micro y nanoestructuras individuales, micro y nanomanipulación.

El INN cuenta con otras técnicas complementarias para estudiar materiales micro y nanométricos y también laboratorios biológicos y de cultivos.



## Actividades y logros en 2016

### Proyectos Nano-Nucleares

El INN tiene entre sus prioridades promocionar la generación de conocimiento en el área de la nanociencia y nanotecnología poniendo especial énfasis en las prioridades institucionales de la CNEA.

Es por ello que desde el INN se motivó a sus miembros a generar y presentar proyectos vinculados con el sector nuclear en los cuales colaboran distintas áreas. El resultado de esta iniciativa fue la aprobación de 6 proyectos:

- “Carbono como barrera de difusión en superredes de Al/(U,Mo)” Objetivo: fabricación de películas delgadas, tipo superred, en los sistemas Al/C/U y Al/C/(U,Mo) y análisis de su estructura cristalina, fuertemente determinada por los procesos de interdifusión.

- “Biodistribución de nanopartículas magnéticas in vivo para uso en BNCT: imagenología y direccionamiento magnético BNM – BNCT” Objetivo: mejorar el protocolo BNCT por medio del desarrollo de un material nanoestructurado magnético compuesto por óxido de hierro y funcionalizado con un compuesto borado que sería utilizado en imagenología y localización.

- “Diseño y desarrollo de nanovectores dirigidos para el transporte de compuestos borados y radionucleídos para su utilización en diagnóstico y tratamiento en Medicina Nuclear” (NADIMEN) – Objetivo: diseño y desarrollo de inmunoliposomas dirigidos por Nano-Acs como vehículos selectivos transportadores de compuestos borados enriquecidos en  $^{10}\text{B}$  para su uso en BNCT.

- “Diseño y desarrollo de radiofármacos basados en Nano-Ac para su utilización diagnóstico y terapéutico para el tratamiento de cáncer metastásico”. “Generación de radiofármacos basados en Nano-EGFR y lutecio-177 para aplicaciones terapéuticas y radiofármacos basados en Nano-EGFR, tecnecio-99m y galio-68 para la obtención de imágenes con aplicaciones diagnósticas”.





• “Correlación de las propiedades nanoestructurales y magnéticas de aceros de uso nuclear. Estudio de factibilidad del desarrollo de un método basado en técnicas magnéticas para analizar la fragilización de los aceros utilizados en recipientes de presión de reactores nucleares” (FIMAG). Objetivo: utilizar la correlación de las propiedades nanoestructurales y magnéticas de aceros de uso nuclear como base para el futuro desarrollo de un método y/o dispositivo basado en técnicas magnéticas, para monitorear/ analizar la fragilización de los aceros utilizados en recipientes de presión de reactores nucleares.

• “Sensores Electrónicos para Dosimetría “InVivo” y Calibración” (SEDIC). Objetivo: acercar las experiencias de los grupos para solucionar problemas reales en física médica, especialmente radioterapia.

• “Tomografía y Espectroscopia Multimodal basadas en campos no ionizantes (SF-MTS)”. Objetivo: desarrollo a medida de sistemas de instrumentación y procesamiento capaces de implementar tomografía escalar y vectorial en tiempo real.

### **Reunión INN-INTA-CNEA**

Durante Junio del 2016, el CAB y la Estación Experimental Agropecuaria de Bariloche del INTA, fueron escenarios de análisis para profesionales de tecnología del INN, la CNEA y el INTA, que fueron convocados para discutir y exponer sobre la potencialidad de la nanociencia y la nanotecnología en el sector agro-industrial.

En el marco de la reunión -que tuvo formato de Taller- se analizaron las temáticas y las posibilidades de impulsar en conjunto la generación y aplicación de conocimientos desde la nanociencia y la nanotecnología hacia la agro-industria. Entre los temas abordados se destacaron las oportunidades en salud animal, protección vegetal, remediación ambiental, sensores, encapsulamiento de nutrientes y pesticidas y un muy amplio campo en seguridad alimentaria. Los análisis en cada mesa de trabajo se orientaron principalmente a identificar problemáticas y oportunidades a resolver; capacidades y facilidades necesarias actuales y futuras; y recomendaciones de investigación, desarrollo e innovación a futuro. La misión de este tipo de encuentros es motivar la interacción, promover la participación y documentar las contribuciones para poder compartirlas y elaborar un documento de trabajo como resultado de la reunión.



### **“XVI Encuentro de Superficies y Materiales Nanoestructurados “- Nano 2016**

En mayo del 2016 se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA este encuentro en el cual el INN participó activamente. Durante el mismo se generó un amplio espacio de discusión permanente para facilitar la interacción entre los investigadores. El INN tuvo una activa participación en el tema “Recubrimientos mesoporosos transparentes con efecto antibacteriano de larga duración”. En simultáneo con la conferencia NANO 2016 tuvo lugar la Escuela Nano 2016, de la cual participaron estudiantes adscriptos al INN.

### **Seminarios y Cursos patrocinados por el INN**

Durante el 2016, el INN organizó en el Nodo CAC una serie de Seminarios. Asimismo, se llevó a cabo el curso especial “Magnetism and Optics”, dictado por una investigadora del Institut des Nanosciences de Paris, Francia.

### **Premios en programas y concursos nacionales e internacionales**

- Gran premio INNOVAR 2016: investigadores del INN fueron distinguidos con este premio que les fue otorgado por el desarrollo de un recubrimiento nanoestructurado y bactericida transparente de larga duración que no modifica ópticamente las superficies sobre las que se aplica.
- Premio MERCOSUR de Ciencia y Tecnología 2016: el INN-CAC obtuvo el primer puesto en este premio organizado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil (MCTI) y el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) en la categoría joven investigador.
- Mención INNOVAR 2016: el proyecto “LabOn A Sat”, del cual participan miembros del INN, obtuvo una mención en INNOVAR 2016 (categoría Investigación Aplicada).



- Mención especial Premio J. J. Giambiagi 2016: el INN-CAC obtuvo una mención especial por la tesis doctoral titulada “Caracterización eléctrica y modelado de memorias no volátiles basadas en óxidos”.

### **Publicaciones**

Durante el 2016 hubo más de cien publicaciones en la materia, llevadas a cabo por miembros del INN.

### **Dispositivos, estructuras y procesos avanzados**

El conocimiento que ha desarrollado la CNEA en las diferentes áreas permite aprovechar las tecnologías adquiridas para resolver cuestiones de ámbitos diversos. Generalmente motivados en necesidades externas, existen una serie de dispositivos, estructuras y procesos en pleno desarrollo.

### **Actividades y logros en 2016**

#### **Sistemas Micro-Electro-Mecánicos (MEMS)**

Se trata de componentes electromecánicos (sensores, actuadores) fabricados mediante procesos especiales, en escalas muy reducidas, del orden de los micrómetros. Se utilizan en aplicaciones muy diversas, poseen ventajas como peso, tamaño y consumos de energía muy bajos, y aprovechan de otras formas las capacidades de los materiales. Las actividades cumplidas en 2016 fueron las siguientes:

#### **Infraestructura**

- Continuación de los trabajos de puesta en funcionamiento de un laboratorio biológico y para cultivos.



○ Continuación de los trabajos de equipamiento del laboratorio para caracterización de plasmas: espectrómetro de emisión en avanzado estado de ejecución, obteniéndose los primeros resultados en su utilización.

### **Sensores de Gases y Narices Electrónicas**

○ Continuación del desarrollo del espectrómetro de movilidad iónica (IMS) para la detección de contaminantes ambientales.

○ Continuación del desarrollo de microsensores de gas con películas delgadas microestructuradas.

○ Continuación del desarrollo de nanoestructuras de TiO<sub>2</sub> para microsensores de gas.

○ Desarrollo de un sistema de análisis de gases mediante espectroscopía óptica de emisión inducida por descarga corona.

○ Continuación de los trabajos de construcción de un detector IMS con aplicaciones en seguridad a través de un convenio con la UNSAM y la Dirección de Fabricaciones Militares. Se está en proceso de definir parámetros de relevancia con el cliente para poder hacer la ingeniería de diseño y de detalle del equipo.

○ Avances en la construcción de un detector IMS. Se diseñó y maquinó un tubo de deriva, junto con un sistema de inyección de muestra. Se encuentra avanzada la aprobación de la licencia de operación de fuentes beta.

### **Aplicaciones de Espectrometría**

○ Continuación del desarrollo de un procedimiento basado en LIBS para la determinación del enriquecimiento de uranio.

○ Continuación de los trabajos de caracterización de procesos químicos con un espectrómetro de masas por tiempo de vuelo (TOF).

### **RF-MEMS**

Continuación de las tareas para el desarrollo del dispositivo RF denominado sonda de campo eléctrico.



### **Microtoberas (microfluídica supersónica)**

- Continuación del desarrollo de un sistema de separación Isotópica con el uso de micro toberas (o dispositivo de microfluídica supersónica).
- Finalización de la instalación de los servicios en un laboratorio para tareas de caracterización de sistema de separación isotópica con el uso de micro toberas (o dispositivo de microfluídica supersónica).
- Modificaciones al equipo para optimizar el régimen de trabajo. Se agregó una bomba de vacío con mayor capacidad de bombeo, se fabricó una tobera con menores dimensiones, y se maquinaron contenedores con mayor superficie. También se incorporó una trampa de aceite antes de la bomba para evitar reflujos. Se efectuaron ensayos de caracterización de las trampas frías y de aceite, de sensores de presión, y de la nueva bomba.
- Continuación del desarrollo de esquemas de separación isotópica aerodinámica. Se efectuaron ensayos en el Laboratorio Lasie (CAB), cumpliendo las etapas reglamentarias requeridas por la ARN y agencias internacionales.
- Instalación de un banco de pruebas de sistemas de expansión libre para contrastar con simulaciones de flujo compresible en régimen de ondas de choque que se están llevando a cabo.

### **Aplicaciones Biológicas**

- Desarrollo de nanoporos de estado sólido para sensado de biomoléculas.
- Evaluación de cultivo celular en dispositivos de microfluídica para su aplicación en la producción de anticuerpos monoclonales.
- Desarrollo de sensores biológicos para la detección de biomoléculas. Se desarrollan películas sensoras nanoestructuradas basadas en óxidos inorgánicos semiconductores conteniendo nanopartículas metálicas.
- Caracterización de modelos biológicos de resistencia a tratamientos de radioterapia para evaluar potenciales herramientas de radiosensibilización mediante nanopartículas. ○ Utilización de nanopartículas magnéticas para radiosensibilización en modelos celulares de cáncer.



- Desarrollo de nanocápsulas multifuncionales con actividad biológica para aplicaciones biomédicas.
- Investigación en vehículos para liberación de drogas (“drugdelivery”) y para tratamientos con radiofármacos. Liberación de drogas a partir de películas mesoporosas y sistemas de nanopartículas.
- Desarrollo de superficies microestructuradas para aplicaciones biológicas.
- Películas mesoporosas antibacterianas basadas en la adsorción de plata iónica.
- Desarrollo de nanoporos de estado sólido para sensado de biomoléculas.

### **Procesos de recubrimiento y deposiciones de materiales**

- Continuación de los trabajos de depósitos de nanotubos de carbono, pegado de polímero y vidrio en plasma de oxígeno, película de carbono símil DLC conductora y óxido de cinc.
- Continuación de los trabajos de recubrimiento de pastillas de óxido de boro con películas a base de carbono.
- Continuación de los trabajos de recubrimientos sobre metales, obleas de silicio, y policarbonatos, de los siguientes elementos: dióxido de silicio, nitruro de silicio, carburo de titanio, oxinitruro de titanio, óxido de cinc y carburo de silicio. También se continuaron los trabajos de evaporación de titanio y estaño sobre sustratos de vidrio.
- Realización de recubrimientos de carburo de silicio sobre cobertura de grafito en toberas sometidas a altas sollicitaciones de calor y abrasión en cooperación con el área de misiles del CITEDEF.
- Realización de recubrimientos de carburo de silicio sobre muestras de aluminio y acero inoxidable AISI 316, proponiéndose ese recubrimiento como medio protector para elementos sometidos a flujos neutrónicos, en el interior de reactores nucleares. Luego de su irradiación en el reactor RA-6 se comprobó que los resultados superaron las expectativas previstas.
- Realización de recubrimientos de carburo de silicio sobre sustratos de zircaloy, con la finalidad de recubrir separadores de combustibles de la CNA II, a efectos de realizar



estudios del comportamiento de los mismos en el CAB. Si bien esos estudios están en proceso, los resultados obtenidos son altamente satisfactorios.

- Experiencias realizadas:

- o Fabricación y caracterización de micro y nanoporos sobre un sustrato de silicio por método electroquímico.

- o Ejecución y optimización de un recubrimiento de carburo de silicio SiC en el reactor de corriente continua; recubrimiento de alta dureza.

- o Ejecución y optimización de un recubrimiento de oxinitruro de aluminio en el reactor de radiofrecuencia; recubrimiento resistente a altas temperaturas.

- o Fabricación y caracterización de micro y nanoporos sobre un sustrato de silicio por método electroquímico.

- o Ejecución y optimización de un recubrimiento de oxinitruro de silicio (SiOxNy) en el reactor de corriente continua para protección anticorrosiva. o Ejecución y optimización de un recubrimiento de nitruro de silicio (SiN) en el reactor de corriente continua para la fabricación de nanoporos de uso en nanotecnología.

- o Pegado por medio de plasma de oxígeno de PDMS sobre vidrio para la fabricación de microcanales de uso en nanotecnología. o Investigación de un recubrimiento multicapa de oxinitruro de aluminio sobre carburo de silicio.

### **Desarrollo de dispositivo micro y nano fluidica**

- o Desarrollo de dispositivos de microfluídica: fabricación de microcanales en PDMS-Vidrio, microcanales silicio-silicio y microcanales silicio-vidrio. § Desarrollo de nuevos métodos diseñados para estudios de flujo en medios porosos y la evaluación de nanopartículas y microgeles utilizados en recuperación asistida de petróleo.

- o Desarrollo de “chips” de microfluídica para ensayos recuperación asistida de petróleo





### **Laboratorio Internacional Asociado en Nanociencias (LIFAN)**

En 2009 se acordó la creación del Laboratorio Internacional Asociado (LIFAN) que articula al Instituto de Nanociencia y Nanotecnología de la CNEA y el MINCyT, con el Instituto de Nanociencia de Paris, la Universidad Pierre y Marie Curie y el Centro Nacional de Investigación Científica, por parte francesa, lo que abrió oportunidades para una provechosa integración en el campo de la ciencia y la tecnología y en la formación de recursos humanos. En el marco de este Laboratorio se trabajó en conjunto con grupos de investigación franceses en sistemas híbridos asociando metales magnéticos y semiconductores para la electrónica de espín, crecimiento y propiedades electrónicas de capas metálicas sobre dieléctricos, y nanofotónica (ingeniería de fonones acústicos en nanoestructuras), realizándose el intercambio de investigadores y becarios por ambas partes.

Como resultado de esta colaboración se publicaron y presentado en congresos trabajos conjuntos y se inició la construcción en el CAB de un equipo de UHV (Ultra-HighVacuum) para combinar las técnicas de difracción de átomos rasantes (ORSAY, Francia) con dispersión de átomos emitidos (Bariloche) en una misma cámara de vacío. En 2013 se renovó el convenio referido al LIFAN, al que se incorporó por parte argentina el CONICET, que a partir de 2014 financia viajes de investigadores y estudiantes argentinos involucrados. A lo largo del 2016 se abrieron nuevas líneas de trabajo y consolidaron otras, en el marco de un dinámico intercambio de doctorandos e investigadores de ambos países. El grupo de Óptica del CAB focalizo su trabajo en la optomecánica en resonadores microestructurados para ultra-alta frecuencia, la búsqueda de efectos no lineales en el enfriamiento láser y la emisión estimulada de sonido. El estudio de resonancias fotoelásticas y la interacción luz-materia mediada por polaritones. El eje de Espintrónica y Magnetismo, con sedes en el Laboratorio de Resonancias Magnéticas del CAB y el de Nanoestructuras Magnéticas y Dispositivos (LNMD) del CAC, orientó su investigación hacia diferentes aspectos de la temática. El grupo de Bariloche se dedicó al estudio de la estructura de dominios magnéticos en materiales magnetostrictivos y sus propiedades de transporte eléctrico, además de investigar el magnetismo de nanohilos metálicos embebidos en matrices aislantes. Por su parte, el equipo del LNMD trabajó en forma complementaria en la simulación de estructuras de dominios magnéticos en películas delgadas y nanoestructuras



y el uso de nuevas técnicas experimentales para la caracterización de estas estructuras. Finalmente, el grupo de Superficies del CAB se dedicó junto a sus pares franceses al crecimiento e investigación de moléculas orgánicas auto-ensambladas sobre distintas superficies. En el año se publicaron en el marco del LIFAN 8 artículos en revistas internacionales además de presentarse los resultados obtenidos en conferencias nacionales e internacionales. investigadores visitantes dictaron seminarios en centros atómicos y un curso sobre técnicas magneto-ópticas para la caracterización magnética de nanoestructuras en el CAC.

### **Laboratorio Ítalo Argentino de Nano Magnetismo (LIANAM)**

El 1º de abril de 2011 la CNEA y el Istituto di Strutturadella Materia de Italia acordaron la creación del Laboratorio Ítalo Argentino de NanoMagnetismo (LIANAM), conformado por el Laboratorio de Resonancias Magnéticas del CAB y el Istituto Di StrutturaDella Materia del ConsiglioNazionaleDelleRicerche de Italia. El LIANAM se dedica al estudio de las propiedades fundamentales de los materiales magnéticos nanoestructurados de interés tecnológico en áreas estratégicas tales como la nanoelectrónica, sensores magnéticos y almacenamiento de información. Los beneficios del laboratorio conjunto son la integración de la experiencia e instalaciones complementarias que permitan la preparación, caracterización y el estudio de las propiedades magnéticas y magneto-transporte de nuevos materiales, utilizando una amplia gama de metodologías y técnicas. En 2016, como resultado de los trabajos de investigación conjuntos, se publicó un trabajo en una revista especializada y se presentaron trabajos en congresos internacionales de nanomagnetismo.

### **Actividades y logros en 2016 -Vinculados con la FAN**

- Durante 2016, investigadores del Instituto de Nano Sistemas (INS) e invitados provenientes de diferentes instituciones y universidades del mundo disertaron sobre sus trabajos en nanotecnología a lo largo de este ciclo. Los encuentros tuvieron lugar en la sede de la FAN y fueron de acceso libre y gratuito.



- Nanotecnólogos por un día: se realizó la 6ta edición del concurso que contó con 52 presentaciones de investigadores y emprendedores de escuelas de 7 provincias y la CABA, resultando premiadas 2 monografías, 2 videos y un proyecto. Los ganadores visitaron laboratorios y empresas nano en Paraná y Santa Fe.

- Nano U: por tercer año consecutivo se llevó adelante el programa Nano U. El programa de cursos “on line” de nanotecnología más convocante de la región ofreció un curso de introducción a la nanotecnología, con la posibilidad de hacer una especialización en textiles, y otro sobre nanomateriales. Se inscribieron más de tres mil personas.

### **Consejo Asesor**

En 2016 se realizó una reunión del Consejo Asesor en la que se informó a sus miembros sobre las actividades e iniciativas en las que se estuvo trabajando y en que se necesitaba su colaboración. Cabe destacar que el referido Consejo cuenta con expertos en nanotecnología pertenecientes a la CNEA.



## 12. Diagnóstico

Como se ha mencionado, uno de los objetivos de este trabajo es la descripción y análisis de las capacidades y esfuerzos de las NyN que se están realizando en la CNEA con el fin de obtener información primaria a utilizar en el diagnóstico. Para ello, una de las actividades realizadas fue la implementación de entrevistas semidirigidas a los diferentes actores que conforman los grupos de investigación en NyN dependientes de CNEA.

El relevamiento de información se realizó durante el periodo 2015-2016, en base a las entrevistas realizadas sobre una muestra de 30 personas de diversos sectores y responsabilidades que conforman el INN, cuyo procesamiento permitió obtener resultados relevantes de la situación actual de I+D en este campo. Se considerarán asimismo, para el resultado de un proceso de rastreo e investigación, otras fuentes de información como ser datos que proveen estudios del MINCyT.

Las actividades se organizaron de la siguiente forma:

- a) Identificación y caracterización de los actores que conforman el INN.
- b) Diseño de las guías a utilizar, planificación y realización de las entrevistas semidirigidas.
- c) Análisis e interpretación de resultados.

### **a) Identificación y caracterización de los actores que conforman el INN:**

Teniendo en cuenta que el INN como tal, no tiene una existencia física, sino que agrupa todas las iniciativas de nanotecnología existentes en la CNEA, se procedió a identificar el marco de su dependencia, en este caso se trata de la Gerencia de Área de Investigación y Aplicaciones No Nucleares, a cargo en ese entonces del Doctor Alberto Lamagna (actualmente dicha gestión está a cargo del Doctor Ingomar Allekote).

La Gerencia concentra al conjunto de investigadores localizados tanto en el CAC como en el CAB. Todo lo relacionado a procesos de nanotecnología pasa transversalmente por el



Instituto; desde los proyectos que se solicitan al MINCyT hasta los que están dentro de la misma CNEA. Partiendo de esta identificación, se procedió a reconocer a sus directivos, responsables de proyectos, investigadores, becarios y técnicos que conforman el Instituto.

#### **b) Diseño de las guías a utilizar, planificación y realización de las entrevistas semidirigidas:**

Habiendo definido y caracterizado los actores intervinientes, la etapa siguiente consistió en definir los instrumentos - guías para las entrevistas. A tal efecto y de acuerdo a las características de estos actores, se intentó establecer una guía de preguntas que incluyan los siguientes tópicos:

- 1- Recursos Humanos
- 2- Líneas de Trabajo
- 3- Tipos de Investigación
- 4- Vinculación y Transferencia
- 5- Fuentes de Financiamiento
- 6- Patentes

En ese orden y teniendo en cuenta el objetivo principal de obtener información primaria para ser utilizada en el diagnóstico, se proyectó entrevistar a 30 personas de los distintos grupos conformados. En todos los casos las entrevistas tuvieron una duración de 45 minutos y solamente algunas fueron grabadas en su totalidad. Al inicio de todas las entrevistas se realizó una introducción a fin de informar el marco del presente trabajo y el grado de confidencialidad de las respuestas obtenidas. Se programó un viaje en Abril del 2016 al Centro Atómico Bariloche para las entrevistas con los investigadores de ese centro, además de conocer las instalaciones.



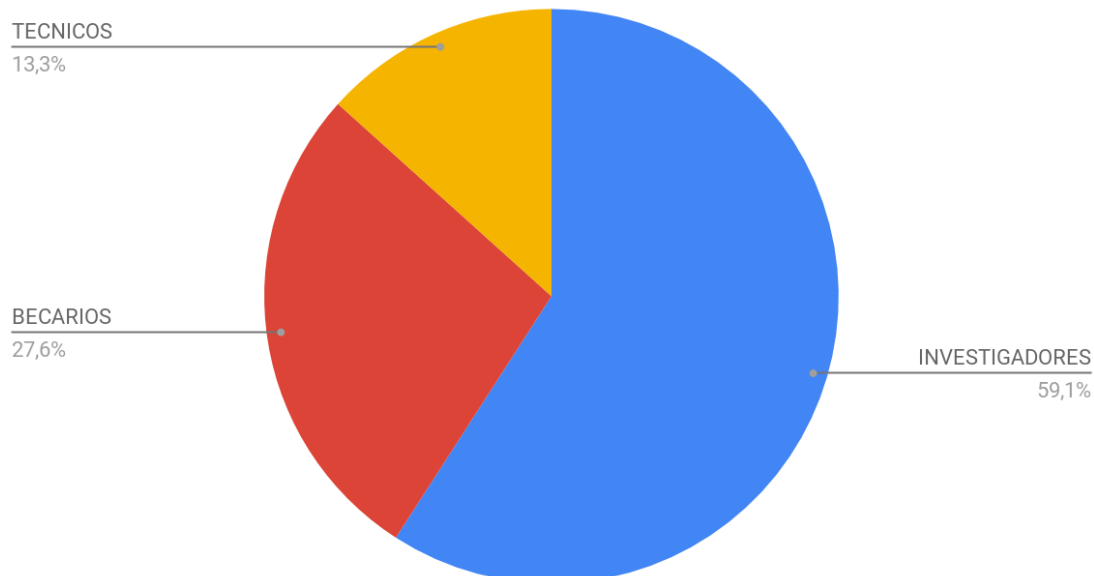
### c) Análisis e interpretación de resultados.

Realizadas las entrevistas se procedió a analizar las respuestas obtenidas de las cuales se desprenden los siguientes resultados:

#### c-1 Recursos Humanos

Dentro del universo de agentes vinculados en NyN con lugar de trabajo en CAC y CAB, el INN cuenta con 225 miembros entre investigadores, becarios, doctorales - posdoctorales y técnicos. El total de investigadores es de 133, de los cuales 106 son científicos del CONICET.

#### COMPOSICION DEL INN



Fuente: Elaboración Propia

La relación entre el CONICET y la CNEA tiene más de medio siglo, y está cimentada por



centenares de científicos y tecnólogos del Consejo que fueron simultáneamente miembros de la CNEA o que tuvieron en ella su lugar de trabajo. Casi la totalidad del personal del CONICET mencionado, trabaja en las instalaciones del Centro Atómico Bariloche (CAB) y del Centro Atómico Constituyentes (CAC).

Existe un fenómeno peculiar, que hace la diferencia entre personal del CONICET Y CNEA: Los investigadores del CONICET desarrollan su carrera laboral de manera diferente a la del Personal Administrativo que realizan tareas en esa misma institución. El 23 de mayo de 1973 fue sancionada la Ley N° 20464, que aprobó el Estatuto de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico (CIC) del CONICET, que en su Art. 4° establece que el personal designado por su Directorio como miembro de la misma puede desarrollar sus tareas de investigación en: a) Centros de investigación que dependan total o parcialmente del CONICET b) Universidades nacionales, provinciales o privadas reconocidas c) Instituciones nacionales, provinciales o municipales d) Empresas del Estado e) Instituciones privadas sin fines de lucro f) Otros lugares que el CONICET considere de interés.

La totalidad de los ítems anteriores excepto el a), representan eventuales lugares físicos de trabajo para el Investigador de CONICET, que no corresponden a dependencias de dicho organismo, entre ellos se encuentra la CNEA.

El problema radica en cómo llevar a cabo un plan de involucramiento integral con los Investigadores de CONICET, de manera que no quede sujeto solamente en cuanto a abrirles las puertas de las dependencias ofreciendo sus metros cuadrados, equipamiento y facilidades experimentales, sin la capacidad de exigir que las líneas de investigación estén asociadas a las proyectadas en los planes estratégicos institucionales. En la mayoría de los casos se trata de investigación básica cuyo noble fin es el de producir conocimiento para ser tomado por otras generaciones de científicos para su aplicación, pero sin atarse ni comprometerse con las políticas de desarrollo institucional.

Una de las acciones recientes a destacar ha sido la creación de la Unidad Ejecutora entre CNEA-CONICET. Entre los objetivos de la flamante Unidad Ejecutora se encuentran: realizar investigación y desarrollo en el área de Nanociencia y Nanotecnología; contribuir, en la órbita de su competencia, el desarrollo de tecnología desde su generación





hasta su implementación, atendiendo con carácter prioritario las demandas y los proyectos del Plan Nuclear Argentino, contribuir a la formación de recursos humanos en calidad de estudiantes graduados y personal calificado en el área, y colaborar con el sector productivo de bienes y servicios en proyectos de asistencia técnica y transferencia de tecnología, propendiendo a una estrecha interrelación con la comunidad. El nuevo convenio de colaboración con el CONICET permitirá armonizar aun más la fructífera colaboración que ya existe desde hace muchos años con ese organismo.

### **c-2 Líneas de Trabajo:**

El segundo tema de interés de la entrevista fue conocer cuáles serían los principales temas o líneas de investigación. A continuación se realiza un detalle de su composición:

1) **Sala limpia** – Centro Atómico Constituyentes (Fabricación): Sala limpia con 120 m<sup>2</sup> divididos en 5 salas de clase 1.000 y 10.000 / Sala de ataques y depósito de películas delgadas por plasma.

Cuenta con instrumental para micro y nano fabricación de sensores y dispositivos, incluyendo:

- Depósito y ataque de películas metálicas.
- Depósito y ataque de películas dieléctricas.
- Ataques vía húmeda y seca.
- Wirebonding y dicing.
- Litografía óptica.
- Generación de foto máscaras.
- Metrología: SEM-FIB, perfilometría 2D y 3D.
- Elipsometría y microscopías óptica

2) **Sala limpia** – Centro Atómico Bariloche (Fabricación)

Sala limpia clase 10000 de 240 m<sup>2</sup>.

Instrumental para crecimiento de películas y equipamiento para micro y nano fabricación/ Facilidades para crecimiento de películas delgadas y superredes.



- Crecimiento de películas delgadas metálicas y de óxidos mediante sputtering.
- Litografía óptica UV y Litografía electrónica.
- Nano y micromanipulación de objetos y estructuras (se utiliza microscopio electrónico de barrido)
- Procesos de ataque químico en fase líquida y reactiva en fase plasma.
- Síntesis de nanopartículas y nanoestructuras.
- Microscopía óptica y electrónica de barrido.

### 3) **Baterías de litio** (Energía)

Desarrollo de materiales avanzados para electrodos de baterías de litio.

Se estudian materiales nanoestructurados, tales como fosfato de hierro-litio, titanatos de litio y materiales compuestos con óxido de grafeno. El control de la morfología de las nanoestructuras permite varias la difusión iónica con el fin de mejorar las prestaciones de la batería.

### 4) **Microfluidica** (Salud)

Se desarrollan dispositivos micrométricos para la determinación de la viscosidad de líquidos con aplicaciones en medicina. Se utiliza simulación computacional de sistemas poliméricos y coloidales de interés para el desarrollo de sistemas lab-on-chip.

### 5) **Spintrónica** (Dispositivos)

Investigación de fenómenos de transporte polarizado en espín, nanomagnetismo en objetos nanoestructurados y desarrollo de dispositivos espintrónicos.

Se implementan nuevas experiencias y se desarrollan materiales avanzados con técnicas específicas de micro y nano fabricación. Desarrollo e investigación de nanoestructuras litografiadas. Diseño y fabricación de dispositivos magnetoresistivos a base de óxidos (filtros de espín, juntas túnel, etc.). Utilizados para por ej. El desarrollo de memorias magnéticas.

### 6) **Diseño e implementación de MEMS** (Dispositivos)



Se diseñan dispositivos micro-maquinados de Silicio (MEMS) para mediciones de transiciones de fases en sistemas de vórtices superconductores con desorden. En particular se estudian muestras mesoscópicas superconductoras de  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-E}$  (YBCO). Ej., MEMS para realizar estudios de magnetometría de torque de alta sensibilidad.

#### 7) **Celdas de Combustible** (Energía)

Las celdas de combustible son dispositivos capaces de convertir energía química en eléctrica con altos rendimientos. Las que operan a alta temperatura están íntegramente formados por materiales basados en óxidos y permiten obtener rendimientos superiores al 60%. A altas temperaturas se activan mecanismos de degradación en las interfaces. El desarrollo de nanomateriales permite disminuir la temperatura de operación sin perder la eficiencia del dispositivo. (Ej. Desarrollo de nanomateriales –nanotubos, nanopartículas, nanocomposites- para conversión de energía // Interfaz preparada con FIB y analizadas por TEM y STEM mostrando reactividad entre los materiales)

#### 8) **Sensores** (Dispositivos)

Se realizan dispositivos piezoresistivos con diseños específicos para aplicaciones especiales. Se estudia el desempeño de diferentes materiales y el proceso de fabricación. El estudio integral de los metamateriales permite establecer parámetros de diseño relevantes para aplicaciones como ajuste espectral de emisores, bolómetros y control de firmas electromagnéticas (ej. Etching químico del Cu durante el proceso de fabricación de sensores piezoresistivos y de radiación. Metamateriales para absorción de luz infrarroja).

#### 9) **Nanotecnología en tratamientos de cáncer** (Salud)

-Desarrollo de sistemas de nanopartículas para radiosensibilización y radioterapia interna con radionucleidos, a fin de aumentar la efectividad en el control tumoral.

-Nanovehículos para el transporte y liberación controlada de fármacos. Estos transportes son generados a partir de la combinación de distintas macromoléculas o nanomateriales.

-Diseño y fabricación de nanopartículas magnéticas para aplicaciones biomédicas.



Ej. Nanopartículas de SiO<sub>2</sub>, conteniendo hialuronidasa (SiNP-Hyal), vistas por microscopía electrónica (A) de transmisión (TEM) y (C) de barrido (SEM). // Melanoma experimental inyectado con SiNP-Hyal, se observan las nanopartículas sobre la superficie tumoral, imagen de microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FE-SEM). // (A) Liposomas (B) Nanopartículas magnéticas. // Radiosensibilización con nanopartículas magnéticas. Evaluación de daño a ADN por inmunofluorescencia de  $\gamma$ H2AX en células de melanoma humano.

#### 10) **Memorias no volátiles** (Dispositivos)

Se estudian memorias resistivas ReRAM, una nueva tecnología candidata a reemplazar a la tecnología actual de memorias no volátiles. Se fabrican memorias a partir de multicapas metal-óxido-metal utilizando diferentes materiales. Se caracteriza y ensaya los dispositivos para aplicaciones en ambientes hostiles, actualmente se realizan ensayos de memorias a bordo de un satélite. (Dispositivos para memorias no volátiles utilizando multicapas de decenas de nanómetros de espesor)

#### 11) **Caracterización de superficies a escala atómica** (Ambiente)

Se realizan caracterizaciones de propiedad de superficies con las siguientes técnicas de análisis que operan en ultra-alto vacío:

-Imágenes con resolución atómica o molecular con STM y AFM de temperatura variable.

-Análisis elemental y químico con XPS de alta resolución.

-Análisis elemental (incluyendo hidrógeno) de espectrometría de iones.

También se pueden obtener imágenes de topografía con resolución de nanómetros con AFM en aire.

#### 12) **Cable superconductores** (Energía)

Investigación y desarrollo de cables y cintas basados en MgB<sub>2</sub> para la fabricación de imanes superconductores.

-Efectos del agregado de nanotubos de carbono, nanopartículas de SiC.



-Diferentes tratamientos termomecánicos para mejorar las propiedades de los cables.

-Aplicación: producción de campos magnéticos.

(Ej. Imágenes de TEM del material en el núcleo de cables de vainas de a) cobre, b) titanio, c) acero inoxidable y d) inoxidable con agregado de nanopartículas de SiC.)

### 13) **Superredes** – Estructuras Multicapas (Dispositivos)

Las superredes son estructuras multicapas de algunos nanómetros de espesor formadas por dos o más materiales depositados alternativamente y periódicamente. La combinación de las propiedades de cada material y de la estructura periódica de la red resultan en propiedades diferentes a las de cada componente por separado.

### 14) **Nanopartículas para aplicaciones biomédicas** (Salud)

Las nanopartículas son estructuras con dimensiones mucho menores que células, virus y ADN. Las propiedades magnéticas permiten un control externo sobre estas partículas. Tienen gran potencialidad para aplicaciones biomédicas, tanto en diagnósticos (MRI y bio-chip) o en terapias (cirugía, hipertermia, drugdelivery, etc). (Ej. Tratamiento quirúrgico para el desprendimiento de retina utilizando nanopartículas magnéticas).

### 15) **Estudios de dominios magnéticos** (Dispositivos)

Se estudia, desde un enfoque complementario entre teoría, experimentos y simulaciones numéricas el rol que juegan distintos tipos de estímulos, el desorden y las propiedades magnéticas, en la dinámica y la estructura de dominios magnéticos en películas delgadas. Se estudian distintos aspectos relacionados a la formación, estabilidad y control de dominios magnéticos.

### 16) **Remediación ambiental** (Ambiente)

Síntesis de nanopartículas metálicas y su utilización in-situ o en reactores ex – situ u on-site, para la remoción de metales pesados y metaloides en aguas y suelos. Construcción de reactores fotocatalíticos usando impresoras 3D, capaces de convertir en metano o metanol utilizables como combustible, CO<sub>2</sub> proveniente de la remoción de contaminantes orgánicos



acuosos (Ej. Reactor fotovoltaico empleado con nanopartículas semiconductoras de  $\text{TiO}_2$ . / Columnas para adsorción de contaminantes conteniendo nanopartículas de hierro).

### 17) **Nanomateriales y dispositivos para aplicaciones biológicas** (Salud)

-Síntesis de películas nanocompuestas para el desarrollo de biosensores para detección de marcadores moleculares.

-Diseño y desarrollo de películas nanocompuestas con actividad bactericida y para liberación controlada de drogas.

-Evaluación de aplicaciones biomédicas de nanomateriales y nanoestructuras multifuncionales.

-Desarrollo de dispositivos de microfluídica para aplicaciones biológicas:

a) Películas mesoporosas nano compuestas para detección eléctrica de biomoléculas.

b) Un “nano-switch” enzimático-magnético para la proliferación celular.

c) Dispositivos microfluídicos.

d) Crecimiento celular sobre biomateriales mesoporosos.

### 18) **Sensores de gas de películas nanoestructuradas** (Dispositivos)

Se desarrollan sensores de gases, desde la síntesis de las películas nanoestructuradas hasta el diseño y fabricación del microdispositivo. Estos desarrollos se complementan con el modelado, simulación numérica y diseño de dispositivos MEMs. (Ej. Imágenes SEM de una membrana de nanotubos de  $\text{TiO}_2$  utilizada para un sensor flexible con diferentes magnificaciones (a) 15.000; (b) 100.000, (c) 400.000



### 19) **Energía Solar** (Energía)

Se impulsan líneas de estudio de tecnologías fotovoltaicas que incorporan materiales semiconductores diversos: silicio monocristalino, que es la tecnología dominante en aplicaciones terrestres, celdas solares híbridas con nuevos materiales orgánicos y semiconductores III-V que producen eficiencias récord de fotoconversión. (Ej. Nuevos materiales antirreflectantes para maximizar la fracción de energía absorbida en celdas solares: películas antirreflectantes de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{SiO}_2$  para celdas solares de silicio monocristalino)

### 20) **Detección: Análisis Ambiental. Dispositivos para olfatometría** (Ambiente)

Caracterización de trazas de vapor en ambiente: Se ionizan las moléculas y se analiza el tiempo de vuelo en presencia de campos eléctricos. La caracterización se produce por separación analítica de la movilidad.

### 21) **Nanomanipulación y transporte eléctrico** (Dispositivos)

Se explora la respuesta magnética y eléctrica de nanopartículas y nanotubos con posibles aplicaciones a sensores. Se manipulan los objetos en la escala nanométrica. Se trata de comprender y formular los mecanismos básicos que determinan las propiedades eléctricas y magnéticas de una nanoestructura, y que este aprendizaje nos permita diseñar materiales de interés para dispositivos artificiales. (Ej. Nanotubo de óxido mixto de manganeso sobre dos contactos eléctricos / Nanomanipulador instalado en el interior de un microscopio electrónico de barrido).

### 22) **Simulaciones para entender, modelar y diseñar el comportamiento de los nanomateriales** (Ambiente)

-Moléculas orgánicas: adsorción en superficies, procesos de disociación,





- Aleaciones de superficie: formación y transiciones de fase.
- Propiedades estructurales.
- Propiedades electrónicas.
- Efectos de temperaturas.
- Dinámica de absorción y dispersión por superficies.
- Transiciones de fases

(Ej., El glifosato se degrada al interactuar con diferentes superficies metálicas o con iones metálicas en solución. Trabajo interdisciplinario teórico experimental. (SERS+ATR-FTIR+DFT)// Simulaciones de STM de autoensamblado de helícenosfuncionalizados sobre Cu (100))

### 23) **Ambiente** (Ambiente)

Se desarrollan nuevos métodos y materiales que presenten especificidad, alto poder de retención, bajo costo y que no sean contaminantes, para identificar y cuantificar compuestos tóxicos. Entre ellos cobran relevancia los metales y metaloides por su potencial toxicidad y además por no ser biodegradables. Por otra parte, se estudian propiedades hiperfinas de nanopartículas de compuestos de hierro utilizadas en distintos casos de remediación ambiental (saneamiento de aguas superficiales contaminadas con metales, colorantes azoicos, etc.) (Ej, MWCNT-COOH- Nanotubos de Carbono de múltiple pared que han sido utilizados para la retención y proeconcentración de Hg en aguas a nivel de trazas).

### 24) **Acople Magnetoeléctrico y Corriente de Espín** (Dispositivos)

Se investigan heteroestructuras piezoeléctricas/ferromagnéticas. Estos materiales híbridos pueden ser sintonizados por medio de la aplicación de campos electrostáticos para absorber en una frecuencia definida. Se estudia la generación y detección de corrientes de



espín en bicapas. Se explora la dependencia del efecto con distintos parámetros externos, materiales y en particular el rol que juegan las interfaces. (Ej. Relación de dispersión de una muestra híbrida con microestructuras cuadradas de 50 nanómetros de lado/ Detección de una corriente de espín en función de distintas potencias de excitación).

Dentro de estas 24 líneas identificadas, las respuestas de los investigadores coinciden en que los temas más dominantes son:

**superficies y fims / materiales / magnetismo**

Como se expuso precedentemente uno de los problemas encontrados fue la dispersión de datos existentes, la falta de registros sistematizados, por tratarse de una TPG, de carácter transversal.

En el año 2012 se lanza el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina innovadora 2020”, destacando a la Nanotecnología es una de las tres TPG consideradas prioritarias, donde explícitamente se asumía que la Política de CyT que se iba impulsar a escala nacional se iba a estructurar alrededor de tres TPG, una de ellas la NyN: “La estrategia de focalización implica una conceptualización novedosa para las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación, que supone la identificación de oportunidades de intervención en entornos territoriales específicos a partir de la articulación de TPG con sectores productivos de bienes y servicios, en lo que se define como núcleos socio-productivos estratégicos (NSPE)” (MINCyT, 2012: 41).

También este plan explica que se propone “fomentar las interfaces” entre “un conjunto de actividades prioritarias (agroindustria, energía, salud, desarrollo social, medioambiente e industria)” y “el desarrollo científico y tecnológico en nuevas tecnologías de propósito general: nanotecnología, biotecnología y TIC’s” (MINCyT, 2012: 57).

Más adelante el documento establece: “Por su parte, la nanotecnología es un área considerada como la de mayor potencialidad dentro del nuevo paradigma tecnológico, por lo que ofrece una ventana de oportunidad para países en vías de desarrollo como la



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



Argentina, en la medida en que los cambios en la estructura productiva mundial abren un espacio para los ‘nuevos jugadores’” (MINCyT, 2012: 60).

Con respecto a los principales campos donde se podrían aplicar, los resultados de los proyectos de I+D que llevan a cabo los grupos de NyN, se destaca la salud humana que fue seleccionado por más de la mitad de los grupos. Le siguen en importancia un conjunto de diversos sectores de potencial aplicación, que dan cuenta de su carácter transversal, como la electrónica y la energía.



### c-3 Tipos de Investigación

En base a lo definido en el Manual de Frascati (2002), se utilizó la definición de actividades de I+D que las engloba de la siguiente manera:

- **Investigación Básica:** Se trata de trabajos experimentales o teóricos sin aplicación o utilización determinada. Apuntan principalmente a obtener nuevos conocimientos acerca de los fundamentos de los fenómenos y hechos observables.
- **Investigación Aplicada:** Se trata de trabajos originales orientados a adquirir nuevos conocimientos, con un objetivo práctico específico.
- **Desarrollo experimental:** Se trata de trabajos sistemáticos que aprovechan los conocimientos existentes obtenidos por medio de la investigación y la experiencia práctica. El resultado es la obtención de la producción de nuevos materiales, productos o dispositivos; la puesta en marcha de nuevos procesos, sistemas y servicios, o la mejora sustancial de los ya existentes.

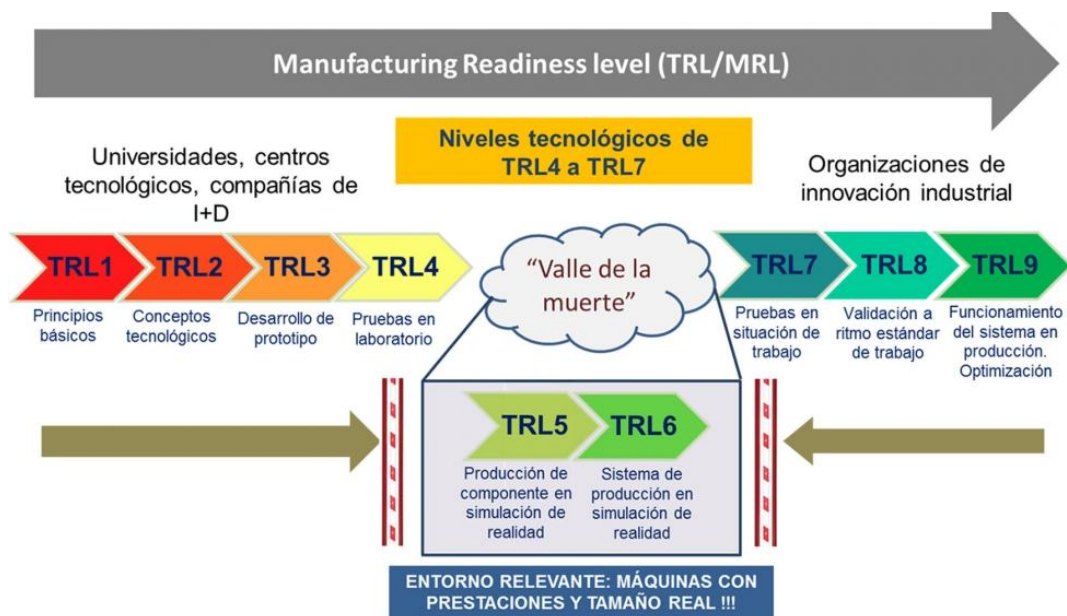
En lo que refiere a este punto, los grupos se identifican con la investigación básica en un 50%.

De este escenario surge un interrogante crucial: ¿Cuánto tiempo se demora en transformar una idea en un producto?

Desde hace varios años que está en boga a nivel mundial sobre los estadios que deben de transitarse para que una idea salga del laboratorio y llegue al mercado, por medio de una empresa. Es fundamental la variable tiempo en el desarrollo de nuevas tecnologías, ya no hay un tiempo infinito para ponerla en el mercado, y no sólo se habrá perdido tiempo sino también los recursos que fueron invertidos (Lamagna, 2015).



Existen distintos “grados” en la tecnología que va desde el concepto básico hasta el producto puesto en el mercado (niveles del uno al nueve), desde la observación de los principios básicos, hasta cuando el sistema final es probado en entorno operacional. En el medio hay otros siete escalones que van del concepto tecnológico a la prueba experimental de concepto, la tecnología validada en laboratorio, tecnología validada en entorno relevante, tecnología demostrada en entorno relevante, demostración de prototipo, y sistema completo. Por ejemplo, el error más común entre los científicos y las empresas que buscan hacer innovaciones ocurre porque los primeros apuntan a desarrollar una tecnología de nivel 3 (prueba de concepto experimental), mientras que las empresas esperan del grupo de I+D que le entreguen algo de nivel 6 o 7 (demostración de prototipo en entorno operacional), para hacer ingeniería de producto. Además, está el problema real de que para saltar esta brecha se necesitan inversiones crecientes. En el siguiente grafico se describen los niveles citados:



*Niveles TRL de madurez tecnológica y Valle de la Muerte (NASA)*



La NASA definió en los años 80 la escala TRL, del inglés TechnologyReadinessLevel, la cual ha ido evolucionando a lo largo de los años hasta los actuales nueve niveles. Esta escala mide el nivel de madurez de una tecnología y, actualmente, hay diferentes definiciones en función del organismo que la interpreta. Así, a pesar de que la escala original procede de la NASA, existen adicionalmente la definición del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, la definición de la ESA (Agencia Espacial Europea), la definición de la Comisión Europea, la definición de la industria Oil&Gas y otras.

El uso de una escala de este tipo permite servir de ayuda en la toma de decisiones, así como para gestionar el progreso en la actividad investigadora en una organización, permitiendo enfocar de forma muy efectiva los esfuerzos de investigación en cuanto a la cercanía del producto a la aplicación final, por ejemplo.

Como ya se ha comentado, la escala original fue propuesta y refinada por la NASA en los años 80, para todo tipo de tecnologías aeroespaciales, pero desde 2005 fue también adaptada para la industria de la fabricación. La escala así propuesta está íntimamente relacionada a la escala TRL original, complementándola, pero enfocada a los procesos de fabricación. Se trata de la escala MRL (ManufacturingReadinessLevel), la cual sirve de marco para evaluar la 'madurez de la fabricación'. Los niveles iniciales de la escala MRL sientan los principios básicos y conceptos de fabricación. Se trata de las etapas con mayor penetración en universidades y centros tecnológicos por constituir la investigación más básica. Este primer grupo de niveles iniciales finalizan con un test final en un demostrador de laboratorio. En este punto estamos situados en un nivel MRL 4 ó 5. Por lo general los centros tecnológicos son capaces de llegar a esta etapa de desarrollo. Por lo tanto, buenas ideas, resultados con grandes expectativas y pruebas exitosas muestran cómo una tecnología determinada puede ser factible. Por desgracia, el tamaño y las limitaciones de las máquinas a este nivel de laboratorio impiden nuevos desarrollos y es necesario cambiar el chip, así



como los recursos materiales para acercarse a los niveles de desarrollo presentes en las compañías en niveles MRL altos.

Algunos de los desafíos que quedan claros son: 1. Un investigador no es un empresario. 2. Una tecnología no es una empresa.

Se podría deducir que en el caso de estudio la NyN se encuentran en un estadio temprano por lo que se focaliza hacia la comprensión de estudios a nivel nano, los procesos y nanoproductos.

Por último, parece interesante la siguiente reflexión: “las ciencias básicas y las ciencias aplicadas son dos caras de la misma moneda”, ambas están “interconectadas y son interdependientes y, “por consiguiente, se complementan entre sí para ofrecer soluciones innovadoras a los desafíos a los que se enfrenta la humanidad en su camino hacia el desarrollo sostenible” (Comité Consultivo Científico al Secretario General de las Naciones Unidas).

La problemática sobre el dilema de encontrar el equilibrio, es a nivel mundial.

#### **c-4 Vinculación y Transferencia**

En cuanto a las formas de VyTT, varios actores entrevistados coinciden que la mayoría de las propuestas preliminares tienen como objeto la investigación básica junto a la capacitación de los RRHH y además que no se presentan dentro de un “marco formal”, debido a que los agentes externos observan que las gestiones en el organismo son lentas por cuestiones burocráticas.

Por lo tanto inicialmente las primeras instancias de vinculación se presentan de manera informal con el objeto de iniciar las primeras colaboraciones, tales como: apoyo y





asesoramiento de diferentes profesionales, uso de las Salas Limpias, compartir técnicas entre los estudiantes de doctorados y postdoctorados, intercambio de muestras, etc.

Uno de los entrevistados destacó que “las vinculaciones dependen en gran parte por la voluntad de las personas y los contactos previos”. Además identifica que “éste contacto directo de los investigadores con los agentes externos abre muchas puertas a conocimientos que de otra manera no existirían”.

Otros actores plantearon que algunos vínculos que se han iniciado institucionalmente, en la actualidad se mantienen como colaboraciones “personales”, dejando de lado el carácter formal.

La mayoría de los grupos entrevistados también destacaron la consolidada relación con:

- Las universidades nacionales: a través de las actividades de investigación básica y la capacitación de los RRHH, por medio de visitas de estudiantes, por fuera de un acuerdo formal.
- Con investigadores del CONICET: integración de grupos de NyN.
- INTI: colaboración recíproca.

Se considera que no resultan significativas las vinculaciones con universidades privadas y con empresas tanto nacionales como extranjeras.

Por otra parte la transferencia de tecnología se ha canalizado para el desarrollo de patentes, firmas de contratos, licencias, creación de Empresas de Base Tecnológica, servicios de tecnología formal, consorcio público-privado. Se entiende que la TT sea reducida, como consecuencia de predominar la investigación básica, como se expuso en el punto anterior.



Se han logrado patentes, incubación de Empresas de Base Tecnológica (EBT), reconocimientos en concursos de innovación y la vinculación con sectores productivos con fines de escalado comercial. Entre estos logros podemos destacar la siguiente Tabla 2

<b>Acción</b>	<b>Característica</b>	<b>Logro</b>
<b>Lizys</b>	Desarrollo y fabricación de nanopartículas magnéticas	Incubación de EBT
<b>MZP</b>	Desarrollo de un dispositivo de diagnóstico médico que mide la viscosidad de fluidos, similar al medidor de glucosa que utilizan los diabéticos.	Incubación de EBT - Financiamiento nacional e internacional - Patente
<b>Delta L Microsensores</b>	Desarrollo de dispositivos de tecnología innovadora para sensores basada en una red de cables nanométricos, para medir deformaciones y tensiones en una amplísima variedad de componentes y productos, de todos los tamaños y de rubros muy diferentes	Premio Concurso IB50K - incubación de EBT
<b>Laboratory on a Satellite (Labosat)</b>	Desarrollo de una plataforma electrónica conformada por dos películas metálicas con un óxido entre medio de unos 20 nm de espesor	Gran Premio Concurso Innovar 2016
<b>Desarrollo de recubrimientos</b>	Desarrollo de un recubrimiento nanoestructurado que presenta un alto efecto antibacteriano	Gran Premio Concurso Innovar 2016

Fuente: Elaboración Propia



Jorge Sábato destacaba, la importancia de la transferencia a los sectores socio-productivos de los desarrollos científico-tecnológicos producidos en la CNEA y que se financiaban a través de la inversión estatal. Dicha transferencia actuaría como una “externalidad positiva”, que, a la vez que sería una suerte de “recupero” de la inversión estatal sobre las tecnologías nucleares, también podría ser un elemento tecnológico para el desarrollo industrial nacional. Así, con la transferencia como “elemento estratégico” de desarrollo puertas adentro y afuera (Enriquez, 2012).

En términos esquemáticos, las actividades de transferencia de tecnologías en la CNEA están organizadas bajo un “modelo in-house”, es decir, una estructura organizativa en la cual “las decisiones y actividades de protección y comercialización son ejecutadas directamente por una unidad de profesionales dependiente del Organismo de Ciencia y Tecnología (OCT)”.

De acuerdo al organigrama, la CNEA utiliza un sistema de gestión de “coordinación de las Oficinas de Vinculación (OVT)”, el cual, si bien permite la autonomía de las OVT, hay instancias coordinadoras claves para “asegurar la comunicación entre las OVT, facilitar el proceso de decisión y la evaluación del desempeño, presentar una imagen unificada de la Transferencia de Tecnología del OCT a la industria y maximizar la eficiencia operacional y financiera”. En ese sentido, cada Centro Atómico dispone de su OVT—en CNEA se la denomina Unidad de Transferencia de Tecnología (UTT). Las diferentes UTT dependen de diferentes Gerencias que reportan a la Presidencia de CNEA.

La CNEA tiene una gran capacidad productiva instalada, distribuida en reactores de investigación, laboratorios equipados, salas limpias, acelerador de partículas, talleres, plantas de producción semi-industrial, plantas de irradiación, etc.:

Una mirada integral sobre la CNEA desde la faceta de la transferencia de tecnología es crucial para encarar los desafíos de competitividad que requiere la CNEA para industrializar al país y al sector nuclear en particular.



## c-5 Fuentes de Financiamiento en NyN

En términos de financiamiento, resulta destacable que gran parte de los subsidios públicos provienen de programas de financiamiento a proyectos de I+D y de modernización tecnológica que implementa la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), cuya principal fuente de financiamiento son créditos otorgados por el Banco Mundial o por el BID (Vila Seoane, 2015) y por el CONICET. Esto demuestra la influencia de organismos internacionales de crédito en el financiamiento de la I+D nano en Argentina, y en consecuencia, la dependencia en términos de políticas de créditos, condiciones de gestión de dichos fondos y de otorgamiento a ciertas líneas de I+D (excluyendo otras que podrían ser prioritarias para la agenda política nano nacional).

En CNEA, los investigadores aclararon que muchos proyectos de I+D financiados no son puramente de NyN, sino que tienen un elemento “nano”. El organismo financia la adquisición de equipamiento y los costos para su funcionamiento, es decir que no financia los proyectos de investigación.

A nivel nacional, la empresa INVAP S.E y la incubadora CITES (Centro de Innovación Tecnológica, empresarial y Social) financian distintos proyectos de NyN que llevan adelante la CNEA.

A nivel internacional, dada la trayectoria académica y de formación de CNEA, también se recibe financiamiento a través de los convenios de cooperación internacional en el marco de programas de intercambio de estudiantes e investigadores vinculados al laboratorio internacional asociado al LIFAN (Laboratorio Internacional Franco - Argentino en Nanociencias).

A los efectos, el grueso del financiamiento para las NyN en CNEA -tal vez el 80%- es de origen público.



## c- 6 Patentes

Los mecanismos de Propiedad Intelectual (PI) forman una herramienta esencial para el desarrollo y la transferencia de tecnología. Es uno de los temas de mayor relevancia ya que sirven para proteger los resultados de investigación y para obtener tecnologías resguardadas, susceptibles de ser transferidas.

El Estado tiene el derecho exclusivo de conceder al creador de una invención, una patente de invención por el cual se impide a terceros no autorizados realizar actos de fabricación, uso, oferta para la venta, venta o importación del producto objeto de la patente o producto obtenido directamente por medio del procedimiento objeto de la patente.

Para que una invención sea susceptible de ser protegida por patente, la misma debe cumplir tres criterios básicos establecidos por la Ley:

- **Novedad:** El Art. 6.1 de la Ley 24.481/2015 define la novedad del siguiente modo: “Se considera que una invención es nueva cuando no está comprendida en el estado de la técnica”.
- **Actividad inventiva:** Según el art.8.1 de la citada ley “[...] se considera que una invención implica una actividad inventiva si aquélla no resulta del estado de la técnica de una manera evidente para un experto en la materia [...]”
- **Aplicación Industrial:** Cuando el objeto de la invención conduzca a la obtención de un resultado o producto industrial.

La distinción entre el inventor y el titular de una invención es crucial, especialmente cuando existe una relación laboral. En el caso de CNEA, el titular de una invención es el Organismo y la Institución contraparte (caso de doble dependencia como la unidad ejecutora CNEA-CONICET). Por otro lado hablamos de los inventores quienes participan de la invención y el desarrollo del conocimiento, quienes perciben un porcentaje de los beneficios económicos generados por la explotación comercial de la PI.



Patentar y publicar son dos procesos diferentes. Lo único en común que tiene es que en ambos casos se hace público un conocimiento. Pero vale aclarar que debe existir un orden, ya que patentar otorga derechos y exclusividad sobre la comercialización y/o producción sobre un bien o conocimiento. Publicar implica declarar la autoría sobre el desarrollo de un conocimiento. El problema que existe es que en muchos casos se presenta primero un paper y luego se quiere patentar. Y una vez que se presenta el paper, pasa a formar parte del estado del arte y justamente es lo que la ley dice que no puede suceder. Rompe con la novedad que debe de ser absoluta, por ello es importante respetar los procedimientos. Es clave que el investigador no publique inmediatamente si no que solicite asistencia a su empleador para efectuar una evaluación técnica y económica de la invención.

A grandes rasgos las dificultades en la aplicación de patentes tienen origen en:

- Restricciones tanto de orden legal e institucional, asociadas al sistema argentino de patentes: Actualmente los procesos de patentamiento son reglados por el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI). En general, los retrasos asociados al otorgamiento de los derechos exclusivos sobre el conocimiento deriva en una falta de interés por parte del investigador en la posibilidad de pedir una patente en territorio nacional.
- En el KnowHow y capacidades necesarias de gestión de los actores para impulsarlo: Si el investigador decidiera patentar a nivel internacional – principalmente Estados Unidos y Europa- no son suficientes las herramientas de gestión existentes en las instituciones de I+D a nivel nacional. Recién en los últimos tiempos desde algunos organismos se ha comenzado a destinar recursos específicos para esta tarea.

Teniendo en cuenta lo relevado mediante las entrevistas, a la fecha solo podemos nombrar el premio Innovar 2016 en Investigación Aplicada por la obtención de un film de larga duración que no modifica ópticamente las superficies a las que se aplica, el



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Económicas  
Escuela de Estudios de Posgrado



presente desarrollo forma parte de una solicitud de patente para aplicaciones en recubrimientos de vidrio, azulejos y superficies. El pedido de patentamiento, gestionado por la Dirección de Vinculación Tecnológica (DVT) del CONICET, se encuentra en evaluación en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI) (CNEA-CONICET).

El derecho de patente es territorial, la protección sólo alcanza el territorio del Estado que ha concedido la patente, y temporal por un período de 20 años desde la solicitud de la patente. Es por ello que muchas de las patentes solicitadas y/o concedidas en el exterior estarían protegiendo los mismos desarrollos que las solicitudes y/o patentes locales. Los países extranjeros donde se encuentran solicitadas y/o concedidas las patentes son: Estados Unidos principalmente, seguido de Brasil, China, Japón y Alemania.





### 13. Análisis FODA

En base al estudio del estado del arte de las NyN en CNEA, se presenta el análisis FODA con las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

#### **Fortalezas**

- Las capacidades y competencias del conjunto de profesionales que integran el INN es altamente calificado siendo un aspecto central para el área de NyN en CNEA. El grupo es heterogéneo, y no solo se encuentra confinado a las áreas de interés específico para la energía nuclear sino que abarcan un espectro más amplio.
- Desarrollo de Infraestructura y Equipamiento necesario para los proyectos de investigación y desarrollo. Las tecnologías y equipamientos utilizados en todo el complejo, tanto en el CAC como en el CAB son de última generación.
- Iniciativas de participación en diferentes reuniones y seminarios a nivel local e internacional para compartir los últimos avances de investigaciones y desarrollos e intercambiar ideas. Estas acciones contribuyen fuertemente a estructurar y visibilizar la investigación en NyN dentro de CNEA.
- El INN, con su trayectoria se convirtió en un centro de excelencia en Argentina que agrupa todas las disciplinas de producción científica y tecnológica en el área.
- Los institutos de formación de profesionales, como el Instituto Sabato y Balseiro, favorecen el futuro de esta comunidad. Además aseguran la permanente actualización de los métodos y temas de estudio, lo que permite



responder rápidamente a la evolución de la ciencia y la tecnología modernas.

### **Oportunidades:**

- El INN desde el 2017 es una unidad ejecutora de doble dependencia entre el CONICET y la CNEA, acto que remarca la importancia de formalización sobre la cooperación entre ambos Organismos, con el objetivo de propender a una estrecha interrelación con la comunidad. Cabe destacar que la fructífera relación entre el CONICET y la CNEA tiene más de medio siglo, y está cimentada por centenares de científicos y tecnólogos del Consejo que fueron simultáneamente miembros de la CNEA ó que tuvieron en ella su lugar de trabajo.
- Progresos y reconocimiento alcanzado por CNEA en su posicionamiento internacional, frente a decisiones de localización de empresas globales.
- Los canales de cooperación y colaboración con las empresas asociadas como INVAP, CONUAR, FAE, TECNONUCLEAR y BACON, favorecen en promover espacios para las aplicaciones y desarrollos productivos de los actores en NyN.
- Reputación creciente de CNEA y el Instituto Balseiro como entidades líderes regionales, en materias de energía nuclear, innovación y desarrollo argentino, contribuyendo a la capacidad de atracción de talento e inversión en CyT.



- Vinculación directa con Universidades Nacionales de alto nivel académico en todo el país.

### **Debilidades**

- El peso relativo de los recursos humanos definidos como de dedicación exclusiva a las tareas de I+D en NyN es reducido. El área tuvo un crecimiento de población durante los últimos años, pero éste no fue significativo, revelando que aún faltan fortalecer las capacidades en I+D.
- Dificultad de integración total en las disciplinas científicas con perspectivas antagónicas e incluso diferentes paradigmas, que aún deben aprender a dialogar y trabajar mancomunadamente, flexibilizando sus modelos y supuestos, y permeabilizar sus relaciones con otras disciplinas, rompiendo así un aislamiento de varios siglos.
- Si bien en muchas de las actuales acciones del INN ya se consideran a la transversalidad sectorial y disciplinaria como aspectos multidisciplinarios a la hora de promover actividades de I+D, sería necesario adoptar este criterio como política activa a la hora de conformar equipos de trabajo, convocar a proyectos, evaluar y financiar actividades de I+D, para facilitar la integración de los aspectos técnicos y tecnológicos con los aspectos económicos, ambientales y sociales necesariamente relacionados. Asimismo, sería importante desarrollar actividades de capacitación en trabajo interdisciplinario.
- Falta de desarrollo de una cultura institucional de iniciativas para la Vinculación y Transferencia.



- La financiación de los proyectos de I+D+i se obtiene mayoritariamente de fuentes públicas (principalmente de la ANPCyT a través de su fondos y del CONICET) con una casi nula participación de las empresas privadas en iniciativas de I+D+i.
- Falta de fortalecimiento en cuanto a lo relativo a la legislación, normativas o regulaciones específicas en materia de NyN, por que se vislumbra la necesidad de un gran trabajo por delante tanto en la elaboración y aprobación de normativas, como en la difusión y la aceptación por parte de todos los actores involucrados (que son el conjunto de la sociedad).
- Limitada experiencia en aspectos operativos y de comercialización.
- Sistema Administrativo burocrático para la gestión de los proyectos.
- Ausencia de una coordinación explícita que abarque las actividades del sector de NyN que se complemente con la gestión estratégica del desarrollo nuclear de la institución.

### **Amenazas**

- La industria nuclear rusa y china han planteado estrategias políticas y comerciales para introducir sus respectivas tecnologías nucleares en el mercado argentino. La modernización de las tecnologías a través de las TPG es una acción para optimizar la performance de las tecnologías y tender a la mejora de las ventajas competitivas de dichos productos tecnológicos en mercados con creciente aumento de competencia y de desafíos que plantea



el avance de fronteras tecnológicas , dado por los cambios en paradigmas tecno- productivos.

- La retracción e inestabilidad económica desincentiva a empresas privadas a inversión en NyN, y su apuesta a la innovación.
- Los recortes presupuestarios de las políticas públicas son una amenaza, ya que como se comentó anteriormente el Estado juega un rol fundamental para el impulso de las TPG.
- Falta de visión sobre la demanda del mercado global y de la generación de la cadena de valor.
- Oposición de ONG´s y agrupaciones de salud y ambientalistas a la política nuclear.
- La deficiencia en los canales de comunicación dentro de la institución impacta entre las distintas vinculaciones informales con sectores externos y que por consecuencia no se institucionalizan, impidiendo que los vínculos sean fluidos y permeables.
- Aunque se hayan elaborado directrices para el desarrollo de NyN, el apoyo público es poco sistemático.
- Resulta muy costoso realizar una estrategia para establecer derechos de propiedad intelectual (dpi) sobre una parte importante de los resultados de la investigación, la cual, en general, es financiada con fondos públicos.



## 14. Conclusiones del Diagnóstico

A raíz de analizar la información relevada, para una mejor comprensión, las principales conclusiones se agrupan en las siguientes fases:

- 1-Institucional
- 2- Entorno
- 3-Expertis

Resulta imprescindible esta **Primera Fase Institucional** de análisis, pues se advierte que de las adaptaciones que la misma realice dependerá el éxito en la gestión de la NyN. En esta fase se involucra a la CNEA a nivel nacional, con sus Centros Atómicos y Regionales, también al INN en conjunto con la implementación de las políticas de vinculación y transferencia tecnológica, y a las relaciones que se establecen con los grupos de investigación en el sector. Pero, ¿cuáles son los factores que se detectan como posibles obstáculos para una buena gestión? :

- La falta de articulación interna.
- La disociación de la investigación con la vinculación.
- La resistencia de algunos investigadores a trabajar con actividades de vinculación y transferencia de tecnología. Es posible caracterizar algunas áreas como un “Sistema de vinculación y gestión tecnológica in-house fragmentado”, en tanto hay una lógica subyacente de vinculación tecnológica entre las diferentes áreas, aunque no hay una coordinación ejecutiva que aúne los diferentes criterios de gestión tecnológica de las diferentes gerencias.

No obstante, desde otro ángulo podemos valorar que a partir del respaldo institucional del INN fue posible el reconocimiento y la consolidación de las redes de cooperación de investigadores altamente calificados al interior de la CNEA, así como su proyección hacia redes de cooperación en NyN extra institucional. Esto otorgó a las líneas



de I+D nano de CNEA la posibilidad de actuar en diferentes ámbitos del SNCTI (vinculación con otros organismos de CyT, empresas, inversores, etc).

Otro elemento crucial y reciente, que promete colocar al INN hacia un camino dinámico, es la creación de la primera unidad ejecutora CNEA-CONICET, hecho que en conjunto con otras políticas adecuadas, podrían propiciar a:

- Formar e integrar unidades de trabajo para la investigación y desarrollo en las áreas del conocimiento que resulten de interés para las Partes y promover el intercambio con expertos de otros organismos para el mejor cumplimiento de los objetivos propuestos.

- Difundir los resultados de su actividad por los medios y procedimientos que estimen convenientes, debiendo dicha difusión ajustarse a las disposiciones que la reglamenten en el ámbito de las Partes.

- Planificar y promover el perfeccionamiento de los investigadores, tecnólogos y técnicos en otros centros del país o del extranjero y participación e intercambio con expertos de otros organismos similares para el mejor cumplimiento de los objetivos propuestos.

- Promover y contribuir a la planificación de carreras de posgrado en el ámbito de los programas de formación de Recursos Humanos de las Partes.

- Recibir profesionales de otros centros del país o del extranjero, para entrenamiento especializado e investigación.

Finalmente, cabe resaltar el lugar de la NyN en la planificación de CNEA. Así, teniendo en cuenta que el horizonte del “Plan Estratégico de CNEA 2015-2025” consiste en transformar a la institución “en un verdadero motor de la industria nacional y consolidar internacionalmente al país en el desarrollo nuclear con fines pacíficos”, se han planteado “varias líneas de desarrollo y proyectos en todas las áreas de incumbencia” de la CNEA. Entre dichas áreas se encuentra “Investigación y Desarrollo”, en cuyo seno se plantea continuar “con la investigación básica y aplicada en física nuclear y subnuclear de altas energías, en aplicaciones de la nanotecnología a materiales nucleares y a la salud”. Asimismo, el Plan Estratégico enfatiza el desarrollo tecnológico de micro y nanotecnología para aplicaciones nucleares, espaciales, y de la salud que se encuentra desarrollando la CNEA.





Respecto a la **Segunda Fase**, correspondiente al **Entorno**, resulta importante destacar, por un lado, la interacción de las capacidades de investigación en NyN de CNEA con los sectores productivos.

Resulta interesante que, tras diez años de institucionalización de la NyN en CNEA, entre 2014 y 2016, el INN ha realizado dos reuniones con el objetivo de vincular las capacidades nano de CNEA con sectores productivos con alto grado de I+D, atendiendo de algún modo a los requerimientos de focalización que establece el Plan Argentina Innovadora 2020.

La principal acción de focalización fue la “Reunión Nano-Nuclear”, realizada a fines de 2014, cuyo objetivo fue “incrementar la interacción con las comunidades asociadas a la energía nuclear para conocer las posibles demandas y los beneficios que la energía nuclear puede traccionar desde la nano-CyT”. Tomando como antecedentes las dinámicas de reuniones interdisciplinarias realizadas en Alemania, Japón, Estados Unidos, Rusia y la IAEA, en dicha reunión se han identificado problemáticas y temas de investigación de la comunidad nuclear argentina, en cuyo seno podría incorporarse la mirada nano de los investigadores del INN para su solución. Así, se han tratado temas de sensores, materiales, los cuales podrían ser traccionados desde la NyN y que resultan de especial prioridad para la ejecución de proyectos del Plan Nuclear Argentino- CAREM 25, RA-10, centrales de potencia, reactores de investigación, etc.

El objetivo principal de la Reunión Nano-Nuclear es responder preguntas tales como:

- ¿Qué áreas/ temas comunes tienen el mayor potencial para promover avances en las áreas prioritarias?
- ¿Qué mecanismos específicos se necesitan para promover la I+D+i en nano nuclear en la CNEA?

Se promueve y facilita la participación abierta a los profesionales de:

- CAC



- CAB
- CAE
- INVAP
- IB/Sábado/Benninson
- FUESMEN
- NASA
- ARN

Por otro lado, se ha organizado la “Reunión Nano-Agro”, con un objetivo similar a la Reunión Nano-Nuclear: analizar en conjunto entre investigadores del INN, del CONICET y del INTA las oportunidades de la nanotecnología aplicada a la agro-industria, para identificar tanto problemáticas/oportunidades a ser traccionadas desde recomendaciones futuras de I+D+i con componente nano. El rol que la nanotecnología puede jugar en la resolución sustentable de la demanda social de energía, agua y alimentos ha sido recientemente explorado en distintos ámbitos a nivel internacional, vislumbrando la necesidad de vinculación entre expertos provenientes de organismos, aparentemente disímiles, como los orientados a la energía y a la agroindustria.

Pero, ¿qué impacto real tienen estas reuniones sobre la comunidad nuclear argentina? Gran parte de los actores del sistema de CyT desconocen la totalidad de las funciones del INN en la CNEA y han tomado conocimiento de ella por haber sido mencionada en congreso y jornadas. El Territorio debe seguir apostando a profundizar el fortalecimiento que estimule un entramado institucional y de mayor sinergia entre los diferentes actores, públicos y privados, y los diferentes estados.

**La Tercer Fase, Expertis**, vincula a la disponibilidad de los RRHH capacitados y disponibles en el INN de la CNEA para dar respuestas a las diferentes demandas del sector productivo y a la vinculación con el sector científico-tecnológico.

Es clave contar con profesionales de alto nivel para el desempeño en roles gerenciales o de decisión, cuya actividad principal esté focalizada en:

- El desarrollo de negocios ligados a la tecnología y la innovación.



○ Suministrar herramientas de formación que permitan entender el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología a través de la visión de algunas áreas de mayor evolución como la NyN entendiendo el potencial impacto en el resto de las actividades. Contar con profesionales capaces de formular, monitorear y conducir procesos que impliquen la puesta en marcha de proyectos innovadores, tanto en el campo científico como en el tecnológico.

○ Participar en los planes de negocios de empresas interesadas en aumentar su competitividad en el campo científico y tecnológico, y que tengan entre sus prioridades, la puesta en marcha de proyectos innovadores.

○ Gestionar el capital humano del INN que definen al conocimiento como sus activos prioritarios, poniendo el acento en el incremento de su potencial, el seguimiento de su desempeño, la divulgación en sus equipos de los conocimientos individuales, y la actualización y puesta en valor del patrimonio de conocimientos de las organizaciones en las que actúen.

○ Participar en la negociación con clientes y proveedores, proponer alianzas o jointventures y estar en condiciones de evaluar las alternativas desde un punto de vista estratégico, fundando sus recomendaciones a las autoridades, con una visión globalizadora.

Quizás debamos preguntarnos que necesita el mercado hoy, y se descubra que no se rige por las leyes de la física. Aquí es donde enfatizamos los atributos de ese rol tan necesario que es el “gerencial”. Se debe entender la volatilidad del mercado, su incertidumbre, complejidad y ambigüedad. Quizás es el momento de aprender o de vincularse desde otro ángulo, entendiendo que ni los científicos están preparados para hacer campañas de marketing ni el sector productivo para hacer ciencia de punta.

Quedan expuestos los motivos por el cual se requiere de expertos en formulación, asesoramiento y gestión de proyectos tecnológicos. El INN debe aprovechar las disponibilidad de grandes oportunidades que gestionadas correctamente generarán un aumento exponencial de la vinculación tecnológica con su entorno socio - productivo lo que impactará en el desarrollo para la CNEA.



## 15. Bases para la Gestión Estratégica de la Nanotecnológica en la Comisión Nacional de Energía Atómica

En el presente capítulo se presenta una propuesta de mejora basada en las necesidades del INN en el marco de CNEA, determinadas en la recolección y análisis de datos. Se han tomado como base los lineamientos estratégicos del **Plan Argentina Innovadora 2020**, el cual tiene el objetivo de “fijar metas de largo plazo que permitan que las acciones implementadas se traduzcan en una política de Estado y no de un gobierno en particular”.

También se consideró la guía de “La gestión del conocimiento y su implementación en Organizaciones Nucleares” publicada por la Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA). Debido a la importancia de preservar el conocimiento científico desarrollado por los profesionales de la energía nuclear, esta guía es clave para la investigación en el área. La misma aborda, entre otros, temas como el planeamiento de recursos humanos, la implementación de soluciones mediante nuevas tecnologías, la cultura de la gestión del conocimiento, currículas educativas y la captura del conocimiento tácito.

### Desarrollo

En el siguiente gráfico se sintetizan los principales lineamientos políticos y estratégicos del Plan Argentina Innovadora 2020:



Plan Argentina Innovadora 2020

Traduciendo el gráfico, la intención del MINCyT es impulsar la innovación para el aumento de la competitividad de la economía nacional mediante el fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y el impulso de la cultura emprendedora, con el objetivo de estructurar un nuevo perfil productivo competitivo ligado al valor agregado. Para esto, el MINCyT impulsa dos estrategias cruciales: el **desarrollo de actores, recursos, regulaciones, instrumentos financieros y articulaciones del SNCTI**; y la **focalización** en sectores estratégicos para el aumento de la innovación.



Particularmente, en la estrategia de la focalización, el Plan menciona explícitamente a la nanotecnología, junto con las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC) y la biotecnología, como TPG, es decir, “tecnologías genéricas que afectan a un conjunto amplio de sectores y que, por esa misma razón, pautan los incrementos de productividad y calidad de los bienes y servicios, así como la competitividad internacional del sistema productivo”. Ellas disponen de la capacidad de “afectar la dirección del progreso técnico en múltiples sectores y, al mismo tiempo, redefinir los patrones de demanda (...). Así, la difusión (de las TPG) es sin duda una fuerza fundamental que configurará las estructuras productivas y la inserción internacional de los países en los próximos años”.

En el marco del Plan, las TPG se insertan en “sectores estratégicos” (agroindustria, ambiente, desarrollo social, energía, industria y salud), definidos por la agenda política del MINCyT con un criterio federal, en tanto que la estrategia contempla introducir el desarrollo científico, tecnológico e industrial en todo el territorio argentino. Como resultado del entrecruzamiento de TPG-sectores estratégicos, el Plan definió 35 núcleos socio-productivos estratégicos (NSPE) los cuales determinarán oportunidades de intervención territorial en sectores a través de los factores llave.

En ese marco, la nanotecnología figura, entonces, en un rol transversal en las acciones llevadas a cabo por el MINCyT. Por lo tanto, en principio, no se prevé encontrar a la nanotecnología ligada a un programa específico del Ministerio, sino que es necesario rastrearlo en sus inserciones implícitas en diferentes acciones ligadas tanto a la focalización como al desarrollo institucional de la CTI. Esto es importante remarcar, pues la nanotecnología como política de Estado deberá impulsarse a través de iniciativas que involucren no sólo el desarrollo y difusión territorial de esta tecnología genérica, sino que además promueva la modernización de sectores estratégicos -como por ejemplo el sector nuclear- y el consecuente desarrollo del SNCTI (Enriquez, 2015).

Por otro lado, en cuanto a la estrategia “desarrollo de actores, recursos, regulaciones, instrumentos financieros y articulaciones del SNCTI”, la nanotecnología aparece de manera más explícita, ya que su promoción se realiza a través de políticas





tendientes a la “visibilización y difusión” de dicha área de conocimiento, y su consecuente aplicación en áreas industriales y de conocimiento preexistentes.

En la actualidad, se pueden identificar especialmente tres espacios institucionales donde se recolecta información sobre la nanotecnología para la posterior formulación de políticas de nanotecnología: la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), la Secretaría de Planeamiento y Políticas (SEPP), y la Dirección Nacional de Cooperación e Integración Institucional, todas bajo la órbita del MINCyT.

La guía de **“La gestión del conocimiento y su implementación en Organizaciones Nucleares”** destaca enfoques comunes relacionados con la gestión del conocimiento, tales como la transferencia y preservación del conocimiento, el intercambio de información, el establecimiento y apoyo de redes de cooperación y la formación de la próxima generación de expertos nucleares. "Las aproximaciones a la gestión del conocimiento en cada organización nuclear difieren, y el propósito de brindar una publicación como esta es compartir buenas prácticas, lecciones aprendidas y experiencias”.

De manera similar a lo que ocurre en otras industrias de "conocimiento intensivas", que se basan en complejos desarrollos técnicos, la industria nuclear se ha basado en el conocimiento desde su creación. Por lo tanto, su desarrollo sustentable y seguro depende en gran medida de la correcta gestión del "conocimiento nuclear" relevante. El conocimiento nuclear se ha desarrollado y recopilado durante décadas de investigación y desarrollo de tecnologías nucleares para aplicaciones eléctricas y no eléctricas. La generación actual posee toda la recopilación del conocimiento nuclear y tiene el deber de preservarla. Se espera que gran parte de todo este conocimiento se utilice en el futuro, especialmente para favorecer el uso continuo de las instalaciones nucleares existentes y, asimismo, para futuras innovaciones y para el desarrollo socioeconómico. Dado que el conocimiento nuclear es único en muchos sentidos, la gestión de esos conocimientos requiere de programas específicos y tiene necesidades particulares para lograr sus objetivos. Sin una adecuada gestión del conocimiento, se podrían perder cantidades significativas del mismo, conllevando consecuencias indeseadas en la economía, la seguridad y la innovación en el sector. Es por





esto que quienes se desempeñan en organismos nucleares no deberían desconocer esta herramienta, siendo la misma una aliada en el desarrollo exitoso de la industria.

En efecto, de manera similar a los planes mencionados, se proponen las siguientes revisiones y mejoras para elaborar una estrategia de impulso de la nanotecnología en la CNEA, que traccione el sector nuclear argentino:

**1- Definición del Objetivo General:** Utilizar las capacidades en NyN de la CNEA a los fines de modernizar las tecnologías desarrolladas por el sector nuclear y propender a la mejora de la eficiencia y performance de la industria nuclear. Resultaría provechoso realizar una revisión de la Resolución fundadora del INN-CNEA, ya que a 10 años de su creación, es muy posible que requiera una adaptación.

Hay diversos factores que pueden aportar positivamente a una gestión del conocimiento exitosa dentro de una organización. Una de las herramientas que colabora en el éxito de un proyecto de gestión del conocimiento, es lo que se denomina “política institucional” siendo ésta un conjunto de reglas, y procedimientos que prescriben cómo se realizará el trabajo, y asigna roles y responsabilidades, proporcionando así los principales lineamientos a seguir.

La política institucional de la nanotecnología en CNEA idealmente debería de presentar las siguientes características:

- Escrita
- Integrada en el sistema de gestión empresarial
- Establecer los roles y responsabilidades en cada programa o proyecto
- Involucrar a los gerentes de línea en el programa de la gestión del conocimiento
- Alineada firmemente a una cultura consolidada de la seguridad
- Propender a facilitar la consecución de los objetivos estratégicos de la institución



## 2- Definición de Objetivos Específicos:

- Impulsar el desarrollo de I+D+i nano con potencial aplicación en el área nuclear
- Desarrollar capacidades de estudios de mercado nuclear y de vigilancia tecnológica del estado de modernización del sector
- Desarrollar capacidades de gestión y gerenciamiento de la nanotecnología
- Establecer canales de comunicación entre los grupos de I+D en nanociencia y nanotecnología, las empresas del sector nuclear y los grupos de trabajo de CNEA en plantas nucleares de fabricación industrial y semi industrial.

## 3- Estrategia:

“Desarrollo del sistema de vinculación y gestión de la nanotecnología, con focalización en el área nuclear”. Al momento de definir la estrategia se tuvo en cuenta:

- Las metas u objetivos básicos, desarrollados anteriormente.
- El análisis del entorno, es decir, todas aquellas condiciones ajenas a la organización a las que ésta debe responder (estas condiciones pudieron ser analizadas en la matriz FODA desarrollada en el capítulo XX).
- La situación en la que se encuentra la organización, con el fin de determinar su posición en el ambiente y su cantidad de recursos. Este análisis, igual que el punto anterior corresponde a la matriz FODA.
- Los recursos con los que cuenta la organización.

En efecto la estrategia del Desarrollo del sistema de vinculación y gestión de la nanotecnología, con focalización en el área nuclear se deberá concretar por medio de la Articulación de diferentes componentes

- Desarrollo de Actores
- Recursos : Humanos, Infraestructura e Información
- Regulaciones: Procedimientos Normativos, Evaluación
- Instrumentos Financieros : Apoyo a la I+D , la innovación y fuentes de financiamiento



Con los lineamientos establecidos, se propone generar nuevas vinculaciones de modo sistemático a través de relaciones encadenadas en cuanto al desarrollo de capacidades en I+D+i en NyN, desarrollo de capacidades de gestión, desarrollo de articulaciones entre los grupos I+D nuclear, plantas nucleares de CNEA y empresas asociadas.

En segundo lugar, nos referimos a la focalización, en tanto consiste en direccionar los esfuerzos hacia la producción de impactos significativos en sectores sociales y productivos de nuestro país, entrecruzando las potencialidades de la nanotecnología y el sector nuclear.

Dicho Plan de gestión de la Nanotecnología para la modernización nuclear requiere sobre todo la decisión política de CNEA de aprovechar las capacidades de NyN desarrolladas por la institución, y articularse con las demandas y posibilidades de crecimiento tanto de las plantas industriales de CNEA como de las empresas que actualmente comercializan “paquetes de tecnología nuclear” en estado de madurez: Planta ECRI (miniplacas para blancos de irradiación, elementos combustibles para reactores de investigación), Planta de Irradiación Semi-industrial (tecnología de irradiación de alimentos y materiales descartables), Planta de Ezeiza de producción de radioisótopos, INVAP (reactores de investigación y plantas de producción de radioisótopos), CONUAR (pastillas de uranio, tubos de zircaloy, elementos combustibles para reactores de potencia), FAE (tubos sin costura de aleaciones especiales), DIOXITEK (producción de dióxido de uranio y fuentes selladas de Cobalto 60), Nucleoeléctrica Argentina (arquitecto-ingeniero de centrales de potencia y operador de centrales), ENSI (producción de agua pesada), y TECNONUCLEAR y BACON (radiofármacos). En éste aspecto, la visión integral y estratégica de la CNEA -y en particular del INN en lo que respecta a NyN- es clave para iniciar una sinergia de demandas, potenciales proyectos conjuntos, necesidades y estrategias conjuntas para la modernización de la industria nuclear argentina.



## 16. Reflexiones Finales

En el final del trabajo es interesante realizar una síntesis del resultado obtenido a partir de evocar el objetivo principal: ***“Contribuir a la mejora y el fortalecimiento de la capacidad de gestión de la NyN en la CNEA”***.

Se partió de la importancia de la nanotecnología en el cambio de los paradigmas tecno-productivos que actualmente está afectando las dinámicas económico-productivas a escala mundial y en cómo la “revolución tecnológica” requiere de cambios en las políticas de los gobiernos a los fines de aprovechar las potencialidades que ofrecen la introducción de ésta tecnología de propósito general. Planteado esto, se describió y reflexionó sobre la política de CyT de Argentina, en particular su estrategia de impulso de la nanotecnología en tanto tecnología que atraviesa varias industrias, entre ellas, la nuclear. En ese sentido, se describió el desarrollo científico, tecnológico e institucional de la NyN en CNEA, principalmente a través del INN y los principales logros en la materia. La importancia de la NyN en la planificación de CNEA y sus logros alcanzados permitieron que este trabajo encuentre la viabilidad y factibilidad suficiente para pensar de qué manera se puede gestionar estratégicamente la nanotecnología en ese Organismo, cumplimentando con el objetivo inicialmente plasmado.

Realizando un primer análisis de viabilidad de las Bases para la Gestión Estratégica de la nanotecnología, cuyo foco se encuentra en el área nuclear, conviene preguntarse si la propuesta está contemplada dentro de las posibles prácticas de inserción productiva de la nanotecnología.

Un aspecto característico y determinante son los recursos humanos altamente capacitados, tanto el personal científico y tecnológico de alto nivel, así como el talento de negocios. Por tratarse de una tecnología relativamente joven, es probable que no se encuentren los recursos humanos preparados para funciones específicas, es decir que se debe de crear los inputs necesarios y en muchos casos se generan a través del impulso empresarial. Es por eso



que debemos seguir con el foco en este aspecto y sostener mecanismos de formación de personal altamente capacitados, acompañado de políticas de retención e incentivos.

La mayoría son expertos con extensa formación y provienen de la investigación básica; poseen un gran conocimiento específico, principalmente, en aspectos tecnológicos y de investigación y desarrollo y escaso conocimiento en otras áreas fundamentales del negocio como: gestión, marketing, logística, finanzas, aspectos contables y societarios, entre otros. Por otro lado, también se observa que los investigadores se “enamoran” muchas veces de la tecnología desarrollada, descuidando otros aspectos fundamentales del negocio.

El desarrollo de buenas estrategias de comercialización y distribución son necesarias para llegar a la sustentabilidad deseada. Se debe canalizar los recursos y capacidades internas (que existen) y evitar que estas actividades sean diseñadas e implementadas por asesoramiento externo.

Si además las NyN están en etapa de prueba, en la cual se realizan ajustes en función a la demanda y al feedback del entorno, los plazos se extienden. No debemos olvidarnos del “time to market” (tiempo que tarda un producto desde que es concebido hasta que está en el mercado). El diseño y el desarrollo de los canales de comunicación, comercialización y distribución son hoy puntos débiles.

Otras de las dificultades detectadas es lograr llegar a los “clientes” de este tipo de tecnología innovadora. El rol del Estado es muy importante para lograr posicionarse en el mercado. En general los productos/servicios logran llegar a laboratorios y centros de investigación públicos porque se cuenta con un algún tipo de vínculo previo. Una fuente de ingresos fundamental para los primeros años de vida de la NyN en CNEA fueron la obtención de subsidios., los cuales permitieron poder financiar varios sus desarrollos.

Las líneas de financiamiento (subsidios, créditos blandos, concursos y premios) que solicitan la presentación de un plan de negocios con su consecuente planeamiento comercial se convierte en una herramienta útil para ayudar a analizar la sustentabilidad del negocio y las posibilidades de crecimiento.



Al continuar con el análisis de las vías de financiamiento, se observa que el nivel de inversión privada es muy bajo comparado con países de economías más desarrolladas como Estados Unidos, Canadá, Gran Bretaña, Japón, Corea, Francia, Alemania, España, entre otros.

El modelo de negocios difiere con el tiempo y depende del grado de evolución del emprendimiento. Al principio se hace foco en la propuesta de valor, pero en el momento de llevar los productos/servicios al mercado es necesario redefinir el modelo de negocios para que se logre crear valor, brindando una oferta que sea elegida y adquirida por los segmentos target. Es fundamental que se puedan “escuchar” permanentemente las demandas de los clientes para adaptarse a los cambios y poder satisfacer sus necesidades a lo largo del tiempo. La propuesta de valor y el modelo de negocio en su totalidad deben revisarse periódicamente en función de las necesidades, las demandas, las oportunidades de mercado y el contexto competitivo.

Al respecto, cabe destacar que la mayoría de las políticas de difusión de la nanotecnología están basadas en la transferencia a sectores privados de resultados de la I+D nano realizado en centros de investigación públicos, a los fines de que los primeros realicen las inversiones necesarias para la comercialización de los resultados exitosos. A lo largo de este trabajo sostenemos que una de las problemáticas más comunes a esta forma de difusión de la nanotecnología está dada por la difícil vinculación entre sectores públicos y privados, el salto entre producción en base a I+D y comercialización. Como plantea Guillermo Foladori “la orientación de las políticas públicas a promover la inserción de esta investigación mayoritariamente pública con las empresas privadas presenta muchos ‘valles de la muerte’ que dificultan la transición; porque resulta muy difícil conectar varias empresas en el nivel de la producción con la comercialización y los consumidores finales”.

Estos Valles de la muerte, se traducen como el abismo entre un conocimiento novedoso y el producto colocado en el mercado haciendo alusión a los niveles de madurez tecnológica, tema que se ha puesto en boga actualmente en Argentina. Varios analistas coinciden poniendo el foco en que la perspectiva ingenieril y tecnológica, dejando de la mirada cultural. ¿Cuáles son las consecuencias? La mirada solo en las instancias técnicas



deja por fuera a los actores sociales responsables de llevarlas a la práctica, las condiciones del entorno y los procesos que las vinculan. Si imaginamos el dibujo de ese valle, tendría dos extremos, por un lado **el científico** está contento con el interés del empresario y le demuestra su idea. Por el otro, **el empresario** se entusiasma, acepta la idea, se firma un proyecto y el gobierno lo financia. Pero como en realidad el empresario necesita una instancia más profunda de maduración de esa idea, deberá invertir mucho más dinero que el que imaginaba antes de poder comenzar –después de un tiempo prolongado y en el mejor de los casos- la ingeniería del producto.

Lo que esbozamos en el presente trabajo es que el camino desde que una idea pasa por las distintas instancias de desarrollo hasta que se convierte en éxito comercial, puede ser caerse en las instancias intermedias sin vuelta atrás. En este sentido, una pregunta clave para justificar la propuesta de gestión estratégica de la nanotecnología en CNEA sería: ¿Este valle de la muerte es un problema que la Argentina quiere resolver?

Al respecto, y según nuestra opinión, el sector científico le es útil a la sociedad en tanto se vincule con ella. Si supuestamente La Teoría del Derrame en donde se consiguen subsidios y financiamientos externos que algún día iban a ser derramados ante la sociedad, fue dejado atrás, necesitamos otra Teoría que bien podríamos llamar del “Involucramiento” en donde se comprenda que los desafíos reales consisten en que:

- Un Investigador no es un empresario
- Una tecnología no es una empresa

Ni los vendedores están preparados para hacer ciencia de punta, ni el sector de CyT lo está preparado para hacer campañas de publicidad. Las nuevas generaciones de científicos, tecnológicos y emprendedores se enfrentan a un desafío más grande que se trata de construir un puente que permita a la sociedad poder atravesarlo.





El presente trabajo desarrolla los lineamientos generales para la gestión estratégica en materia nanotecnológica para la modernización nuclear siendo una muestra de muestra de integración orgánica entre los grupos de investigación con los procesos de producción y con el consumo.

El desafío hoy es reforzar y afianzar la visión estratégica de políticas, herramientas y recursos disponibles en la CNEA y el sector productivo pensando como un un sistema a fin de poder generar mayor sinergia, logrando mejoras de vinculación tecnológica.

Desde lo personal, sostengo que es necesario considerar las lecciones pasadas, y planificar estratégicamente el sector nuclear, tomando lo más virtuoso del Sistema Nacional de Innovación y sus regulaciones. El sector nuclear tiene una vasta experiencia, legítimo orgullo y ventaja de haber sido direccionada por grandes ejecutores que supieron avanzar más allá de los contextos y contingencias. Las ideas planteadas en este trabajo pretenden ser rectoras de la gestión nanotecnológica en CNEA.



## 17. Bibliografía

- Andrini, L., y Figueroa, S. (2008): Governmental encouragement of nanosciences and nanotechnologies in Argentina. *Nanotechnology in Latin America*, 27-39.
- Arciénaga, A. (2009): “Diseño de políticas de promoción de nanotecnología”. Buenos Aires: Mimeo.
- Asia-Pacific Centre for Technology Transfer (2013) Manual on critical issues in Nanotechnology R&D Management. An Asia-Pacific Perspective. APCTT-ESCAP.
- Azpiazu, Daniel; Basualdo, Eduardo y Nochteff, Hugo (1988): “La revolución tecnológica y las políticas hegemónicas”. *El complejo electrónico en la Argentina*. Legasa.
- Barrere, R. y Matas, L. (2013): *Indicadores de micro y nanotecnologías en Argentina – 2012*, Buenos Aires: Delegación de la Unión Europea en Argentina.
- Binning, G (1987). In touch with atoms. *Rev. Mod. Phys.* vol 71, 1999.
- Bramuglia, Cristina (2000). “La tecnología y la Teoría Económica de la Innovación”. En *Documentos de Trabajo N°15*, Instituto Gino Germani, UBA.
- Carroza, Tomás y Brieva, Susana (2015): “Nanotecnologías y Apropiación del conocimiento: los derechos de propiedad intelectual en los procesos de desarrollo con equidad”. Ponencia presentada en el VI Congreso de AEDA, Buenos Aires.
- Chudnovsky, Daniel (1999) *El Enfoque del Sistema Nacional de Innovación y las Nuevas Políticas de Ciencia y Tecnología en la Argentina*. Nota Técnica 14/98, Instituto de Economía da Universidad Federal do Rio de Janeiro - IE/UFRJ.



- CNEA (2015): “Plan Estratégico 2015-2025”, Buenos Aires.
- CNEA (2017): “Memoria y Balance 2016”, Buenos Aires.
- Comisión Europea (2005): “Some figures about nano technology R&D in Europe and beyond”. Bruselas.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (2001): Programa especial de ciencia y tecnología, 2001-2006, México, Plan Nacional de Desarrollo.
- Correia, A., Pérez, M., Sáenz, J.J. y Serena, P.A. (2007): “Nanoscience and nanotechnology: driving research and applications”, Phys. Stat. Sol. (RRL) 1, A68-A72.
- Delgado, Gian Carlo. 2008. Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología, ceich, unam, México.
- Crawley, Tom (2007): “Commercialisation of Nanotechnology. Key Challenges”. Workshop organized by Nanoforum in Helsinki, Finland.
- Delgado, Gian Carlo (2009): “Economía política de la nanotecnología”, Mundo Nano 1, 87.
- Drillhon, Gabriel (1991): “Choosing Priorities in Science and Technology (Problems in Allocating Funds for Research and Development Projects)”, OECD Observer 179(4).
- En Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología, Vol 7, No 13, México, D.F.



- Enriquez, Santiago (2012): “Los desafíos de la CNEA en transferencia de tecnología” En: Foro Iberoamericano.
- Ferrer, Aldo (1974): Tecnología y política económica en América Latina, Buenos Aires, Paidós.
- Ferrer, Aldo (1976): La dependencia científica y tecnológica en el contexto internacional y sus implicaciones para la transferencia de tecnología", *Desarrollo Económico*, IDES, vol. 15, núm. 60, Buenos Aires.
- Feynman, Richard (1960): “There’s a plenty of a room at the bottom”, *Engineering and Science* 23, 22.
- Fischer, M. et al. (2013): “Estado del Arte y Perspectivas de las Micro y Nano Tecnologías en Argentina”. Delegación de la Unión Europea en Argentina: Buenos Aires
- Foladori, G., Figueroa, S., Záyago, E. y Invernizzi, N. (2012): “Características distintivas del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina”, *Sociologías* 14 (30): 330-363.
- Foladori, Guillermo (2013), “Nanotechnology Policies in LatinAmerica: RiskstoHealth and Environment”, en *Nanoethics* 7(2), pp. 135-47, doi: 10.1007/s11569-013-0178-2.
- Foladori, Guillermo (2016): Políticas Públicas en Nanotecnología en América Latina.



- Freeman, Christopher (1998): “La economía del cambio tecnológico”. En Landau, R. y Freeman, C. Economía de la innovación: las visiones de Ralph Landau y Christopher Freeman.
- Gago, José Ángel Martín (2009). “Nanociencia y Nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, Madrid.
- Gómez Uranga, Miguel y Fernández Andrés, Virginia (2010): “La puesta en el mercado de las nanotecnologías: un camino con distintos perfiles”. EnCIm.economía: Revista económica de Castilla - La Mancha, Nº. 16.
- Herrera Amílcar, Urquidi Víctor L., LeiteLopes J., Sábato Jorge, Botana Natalio, Schatan Jacobo, Sadosky Manuel, Ratinoff Luis, Ribeiro Darcy, Kaplan Marcos (1970): América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad, Chile, Ed. Universitaria, col. Tiempo Latinoamericano, 206 pp.
- Holman, M. (2007):"Top Nations in Nanotech See Their Lead Erode" en Lux Research. Nueva York, EUA.
- Hurtado, D. (2015): “Diseño de una política tecnológica para el desarrollo: el caso de la nanotecnología”, FIDE Coyuntura y Desarrollo, Buenos Aires: Fundación de Investigaciones para el Desarrollo (FIDE), pp.:33-35.
- Hurtado, D.; Lugones, M. y Surtayeva, S. (2017): “Tecnologías de propósito general y políticas tecnológicas en la semiperiferia: el caso de la nanotecnología en la Argentina”, en Revista CTS, 34(12): 65-93. EISSN 1850-0013.



- Hurtado, Diego (2014): El sueño de la Argentina atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional (1945-2006). Buenos Aires, Argentina, Editorial Edhasa.
- Kleike, J.W. (ed.) (2009): National nanotechnology initiative: Assessment and recommendations, Nova Science Pub. Inc., Nueva York.
- Lamagna, Alberto (2015): Página 12- “Dominar Tecnología permite avanzar”.
- Lugones, M. y Osycka, M. (2016): “Desarrollo y Políticas en Nanotecnología: desafíos para la Argentina”, en Aguiar, D.; Lugones, M.; Quiroga, M. y Aristimuño, F. (Comps.): Desarrollo tecnológico y políticas en la Argentina de la posdictadura. Análisis de las políticas públicas de ciencia y tecnología entre 1983-2015, Viedma: Editorial de la Universidad Nacional de Río Negro. (Enviado a la editorial).
- Lux Research (2004): “Sizing Nanotechnology’s Value Chain”.
- Lux Research (2008): Nanomaterials state of the market Q1 2009: Cleanthc’s dollar investments, penny returns, Lux Research, Nueva York.
- Mazzucato, Mariana (2014): “El estado Emprendedor”, España, Editorial Rba Libros.
- MINCyT (2009): Boletín Estadístico Tecnológico: Nanotecnología, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- MINCyT (2011): Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2012- 2015- Versión Final- Julio 2011.



- MINCyT (2012): Empresas y grupos de I+D de nanotecnología en Argentina, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- MINCyT (2012): Guía de buenas prácticas en Gestión de la Transferencia de Tecnología y de la Propiedad Intelectual en Instituciones y Organismos del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Mincyt-Buenos Aires.
- MINCyT (2013): Síntesis ejecutiva del Plan Argentina Innovadora 2020 – Versión Final- abril 2013.
- MINCyT (2016): Estudios de consultoría en el sector nanotecnológico. El futuro de las nanociencias y las nanotecnologías en Argentina. Estudio de prospectiva y vigilancia tecnológica, Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- NASA (2012): Technology Readiness Level. NASA.Octubre.
- OICTel, (2008): “La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias”. Observatorio Iberoamericano de Ciencia, tecnología e Innovación del Centro de Altos Estudios Universitarios de la Oei (OICTel).
- OIEA (2008): “Planning and Execution of Knowledge Management assistmissionsfor Nuclear Organizations”. Austria.
- Perez, Carlota (2005): “Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos”. En Tecnología y Construcción, UCV, Caracas.
- Pérez, Carlota (2010): “Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales”. En Revista CEPAL N°100





- Phantoms (2009): Fundación Phantoms. En: <http://www.phantomsnet.net>
- Quilici, Domingo (2008): “Desarrollo de proveedores para la industria nuclear argentina” en Revista H-industria, n°2 - 1 semestre del 2008.
- Rivas, G., Rovira, S. y Scotto, S. (2014): “Reformas a la institucionalidad de apoyo a la innovación en América Latina: antecedentes y lecciones de estudios de caso”, en Rivas, G. y Rovira, S. (eds.): Nuevas instituciones para la innovación. Prácticas y experiencias en América Latina, Santiago de Chile: CEPAL-GIZ-BMZ, pp. 11-33
- Robles-Belmont, E., & Vinck, D. (2011): A Panorama of Nanoscience Developments in Mexico Based on the Comparison and Crossing of Nanoscience Monitoring Methods. Journal of Nanoscience and Nanotechnology.
- Robles-Belmont, Eduardo y Dominique Vinck (2011): “A Panorama of Nanoscience Developments in Mexico based on the Comparison and Crossing of Nanoscience Monitoring Methods”, en Journal of Nanoscience and Nanotechnology 11(06), pp. 5499-5507.
- Roco, Mihail (2005): “International perspective on government nanotechnology funding in 2005” J. Nanopart Res. 7,707.
- Sábato Jorge y Botana, Natalio (1968): La Ciencia y la Tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. Revista de la integración, INTAL, 1(3), pp.15-36.
- Sábato, Jorge (1972). “15 años de metalurgia en la CNEA”. En: Revista Ciencia Nueva, No. 15.



- Sabato, Jorge A. (1968). “Energía Atómica en Argentina” en Revista del Instituto de Estudios Internacionales de la Universidad de Chile, “Estudios Internacionales”, Vol. 2 N°3. Octubre – Diciembre de 1968. Santiago de Chile.
- Salvarezza, R. (2011): “Situación de la difusión de la nanociencia y la nanotecnología en Argentina”, Mundo Nano, Red NANODYF-CYTED 2: 18-21.
- SeCyT (2006): Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Bicentenario (2006-2010), Buenos Aires, Ministerio de Educación, Ciencia y tecnología.
- Serafim, M. y Diaz, R. (2010): "Construcción Social de la Tecnología y Análisis Político" Revista REDES Vol.16, N.º 31, Buenos Aires.
- Serena, Pedro (2009): “La implantación de la nanotecnología en España: muchas luces y algunas sombras”, Mundo Nano 2.
- Takeuchi, N. y Mora Ramos, M. E. (2011): "Divulgación y formación en nanotecnología en México", Mundo Nano, vol. 4, n° 2, pp. 59-64.
- Terrado, Carlos (2017): “Argentina en la Vanguardia Nuclear” en Revista Noticias Nucleares.
- Versino, Mariana y Di Bello, Mariana (2012): “El complejo de Ciencia, Tecnología e Innovación en Argentina: instituciones, políticas e instrumentos de financiamiento”. En Observatorio sindical de Políticas Universitarias IEC-CONADU.
- Vila Seoane, Maximiliano (2011): "Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial", tesis de maestría, Instituto de



Desarrollo Económico y Social, Grupo Redes, Universidad Nacional de General Sarmiento.

- Vila Seoane, Maximiliano (2012): “Nanotecnología: su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial”. Tesis de Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Universidad General Sarmiento.
- Vila Seoane, Maximiliano (2014): “Los desafíos de la nanotecnología para el “desarrollo” en Argentina”.
- Zamponi A. (2015) “ La era de la nanotecnología”, Revista de la Universidad Nacional de San Martín, UNSAM, Buenos Aires. Disponible en: <http://www.unsam.edu.ar/comunidad/revista/Revista-UNSAM-N10.pdf>
- Zayago, E., Foladori, G., y Arteaga, E. (2012): “TowardanInventory of NanotechnologyCompanies in Mexico”, NanotechnologyLaw& Business Journal, 2012, Núm. 9, pp.

Páginas web consultadas:

[http://www.ovtt.org/guia\\_practica](http://www.ovtt.org/guia_practica) (2015)

<http://www.fan.org.ar/> (2015)

<http://www.nano2market.eu/index.html> (2015)

[http://www.nanoforum.net/index\\_1.htm](http://www.nanoforum.net/index_1.htm) (2015)

<http://www.cab.cnea.gov.ar/inn/> (2015)

<http://www.nanowerk.com/> (2015)

<http://www.argentinainnovadora2020.mincyt.gob.ar/> (2015)



## 18. Anexo

De acuerdo a las características de estos actores que conforman el INN, se procedió a establecer una guía de preguntas que quedaron conformadas de la siguiente manera:

- ¿En qué proyecto está trabajando actualmente?
- ¿Cuál es la vinculación con Organismos de CyT y Empresas?
- ¿Cuáles son los proyectos actuales tienen vinculación con el área nuclear?
- ¿Hay proyectos de comercialización de resultados de la nanotecnología o proyectos de incubación de empresas?
- ¿Qué opina que CNEA necesita para mejorar la comercialización de la nanotecnología?
- ¿Qué fortalezas o potencialidades actualmente tiene la nanotecnología en CNEA?