



# **Nanotecnología:**

## **Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial.**

**Lic. Maximiliano Facundo Vila Seoane**

**Director: Ing. Juan Carlos Carullo**

**Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación**

## Agradecimientos:

En primer lugar, un fuerte agradecimiento a mis amig@s y a mi familia por sobrellevarme en el tiempo abocado a realizar el estudio.

En segundo lugar, le agradezco a Juan Carlos Carullo por sus consejos, las múltiples reuniones que tuvimos para intercambios de opiniones y para discutir sobre la nanotecnología en el mundo y en Argentina, que han sido vitales a lo largo de la elaboración de la tesis.

En tercer lugar, a los 15 entrevistados que gentilmente contribuyeron con tiempo de su vida laboral para una entrevista sobre el tema del trabajo, la Nanotecnología, y que desinteresadamente han aportado información clave durante el trabajo de campo.

En cuarto lugar, a los compañeros de la maestría con los cuáles he compartido numerosas horas aprendiendo sobre estas interesantísimas temáticas, entre ellos no puedo dejar de mencionar y saludar a Yamila, Nancy, Cristina y César.

Por último, a todos los docentes y personal de la Maestría que han abierto las puertas al conocimiento sobre las temáticas de la ciencia, tecnología e innovación, sin olvidarme de Teresa por su respuesta a los numerosos pedidos administrativos.

## FORMULARIO “E” TESIS DE POSGRADO

El autor de la tesis autoriza a la UNGS a: **Liberar el contenido de la tesis para acceso público.**

- a. Título completo del trabajo de Tesis:  
**Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial.**
- b. Presentado por (Apellido/s y Nombres completos del autor):  
**Vila Seoane, Maximiliano Facundo**
- c. E-mail del autor:  
**mvseoane@gmail.com**
- d. Estudiante del Posgrado (consignar el nombre completo del Posgrado):  
**Maestría en Gestión de la Ciencia, la tecnología y la Innovación.**
- e. Institución o Instituciones que dictaron el Posgrado (consignar los nombres desarrollados y completos):  
**Universidad Nacional de General Sarmiento**  
**REDES – Centro de Estudios sobre Ciencia, Tecnología y Desarrollo**  
**Instituto de Desarrollo Económico y Social**
- f. Para recibir el título de (consignar completo):
  - a) Grado académico que se obtiene:  
**Magíster**
  - b) Nombre del grado académico:  
**Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación**
- g. Fecha de la defensa: **12 / 12 / 2011**  
día mes año
- h. Director de la Tesis (Apellidos y Nombres):  
**Carullo, Juan Carlos**
- i. Tutor de la Tesis (Apellidos y Nombres):
- j. Colaboradores con el trabajo de Tesis:

k. Descripción física del trabajo de Tesis (cantidad total de páginas, imágenes, planos, videos, archivos digitales, etc.):

**152 páginas, 20 figuras y 9 tablas.**

l. Alcance geográfico y/o temporal de la Tesis:

**Principalmente argentina, y en el análisis de instrumentos de política, otros 20 países.**

m. Temas tratados en la Tesis (palabras claves):

**Nanotecnología, Sistema Nanotecnológico Argentino, instrumentos de política.**

n. Resumen en español (hasta 1000 caracteres):

A nivel mundial, la Nanotecnología ha surgido como un nuevo campo dentro del discurso en el ámbito de las políticas públicas, acompañando al de las TIC y al de la biotecnología, principalmente debido a su potencial de impactar positivamente en una gran cantidad de sectores industriales. En este contexto, el presente trabajo estudia cómo se ha desarrollado el Sistema Nanotecnológico Argentino, que en síntesis, incluye a todos los actores a nivel nacional relacionados con la temática. Para ello, primero se ha estudiado el origen del término Nanotecnología, dilucidando que dimensiones abarca y las principales temáticas en discusión sobre el mismo en la literatura. Luego, a fin de conocer las iniciativas de política realizadas en un conjunto de países, se elaboró un inventario de instrumentos de política específicamente creados e implementados en pos de promover la Nanotecnología a fin de comprender como se la está estimulando a nivel mundial. En base a estos dos puntos, sumado a la aplicación de un marco conceptual para el estudio de los sistemas tecnológicos de innovación, se elaboró un estudio de caso sobre el Sistema Nanotecnológico Argentino. En el mismo, a partir de entrevistas a actores clave junto con el análisis de información secundaria, se realizó una indagación sobre los principales actores, instituciones y otras variables que influyeron y que influyen en la conformación del sistema, tales como la disponibilidad de recursos humanos, la infraestructura y los instrumentos disponibles, las actividades de transferencia de tecnología, las líneas principales de I+D en curso, entre otras. De esta forma, se han detectado desafíos y barreras a vencer para incitar el crecimiento del sistema, y por último, en base a las mismas, se realizan un conjunto de sugerencias con el propósito de fortalecer el Sistema Nanotecnológico Argentino.

o. Resumen en portugués (hasta 1000 caracteres):

Nanotecnologia, em todo o mundo emergiu como um novo campo dentro do discurso no campo das políticas públicas, acompanhando a TIC e de biotecnologia, principalmente por causa de seu potencial para um impacto positivo de uma série de indústrias. Neste contexto, este trabalho analisa a forma como tem desenvolvido do Sistema Nanotecnológico Argentino, que, em síntese inclui todos os intervenientes nacionais relacionados ao tema. Para fazer isso, primeiro temos que estudou a origem do termo nanotecnologia, abrangendo dimensões e esclarecido que as principais questões sem discussão sobre isso na literatura. Então, a fim de conhecer as iniciativas políticas realizadas em vários países, desenvolvidos um inventário de instrumentos de política especificamente projetado e implementado em busca de promover a nanotecnologia, a fim de entender como o mundo é encorajador. Com base nesses dois pontos, além da aplicação de um quadro conceitual para o estudo do sistema de inovação tecnológica, desenvolveu um estudo de caso sobre Sistema Nanotecnológico Argentino. Nele, baseado em entrevistas com atores-chave juntamente com a análise de dados secundários, foi realizada uma investigação dos principais atores, instituições e outras variáveis que influenciaram e influenciam na formação do sistema, tais como a disponibilidade de recursos humanos a infra-estrutura e ferramentas disponíveis, as atividades de transferência de tecnologia, as principais linhas de atuais R & D, entre outros. Desta forma, foram detectados para superar os desafios e barreiras para incentivar o crescimento do sistema e, finalmente, com base na mesma, eles realizam um conjunto de sugestões para o propósito é fortalecer a Sistema Argentino de Nanotecnologia.

p. Resumen en inglés (hasta 1000 caracteres):

Worldwide, nanotechnology has emerged as a new field in the discourse in the area of public policy, together with ICT and biotechnology, mainly due to its potential to impact positively on various industries. In this context, this thesis examines how what is called Argentinean Nanotechnology System has developed, which, in brief, includes all stakeholders at national level related to the topic. To do this, first the origin of the term Nanotechnology has been

studied, describing which dimensions it covers and the main topics under discussion that exist about them in the literature. Then, to get a look at the international level on policy initiatives undertaken in a number of countries, a survey of policy instruments promoting nanotechnology was elaborated in order to understand how it is being stimulated worldwide. Based on these two points, plus the use of a conceptual framework for the study of technological innovation systems, a case study of the Argentinean Nanotechnology System was developed. An investigation of the main actors, institutions and other variables that influenced and that still influence the shape of the system was performed based on interviews with key players along with the analysis of secondary data. The studied variables include the availability of human resources, the accessibility of infrastructure and tools, technology transfer activities, main ongoing lines of R&D, among others. Based on this evidence, barriers and challenges to overcome and to stimulate the growth of the system were detected, and finally, based on them, a set of suggestions have been elaborated to strengthen the Argentinean Nanotechnology System.

q. Aprobado por (Apellidos y Nombres del Jurado):

Barrere, Rodolfo

Salvarezza, Roberto

Firma y aclaración de la firma del Presidente del Jurado:

Firma del autor de la tesis:

## Índice:

Capítulo 1: Introducción.....	2
Capítulo 2: Metodología y marco conceptual.....	7
Capítulo 3: La Nanotecnología.....	18
3.1)    Algunas definiciones:.....	18
a.    ¿Qué es un nanómetro?.....	18
b.    ¿Cuál fue el desarrollo histórico del término?.....	19
c.    ¿Cuál es la definición de la Nanotecnología que se usará en el estudio?.....	21
3.2)    Importancia económica.....	22
a.    Ondas de Kondratieff.....	22
b.    Campos de aplicación.....	23
c.    Estudios de mercado y cadena de valor.....	25
d.    Tecnologías de propósito general.....	27
3.3)    Características de la Nanotecnología.....	28
a.    Métodos Top-Down y Bottom-Up.....	28
b.    Innovaciones incrementales y radicales.....	29
c.    El rol de los equipos y la nueva forma de inventar.....	30
d.    Interdisciplinariedad.....	31
e.    Convergencia Tecnológica.....	32
f.    Cuestiones éticas.....	33
g.    Regulaciones.....	34
h.    Estándares.....	35
i.    Algunas barreras para la introducción al mercado.....	35
Capítulo 4: Tendencias a nivel mundial e Instrumentos de Política de Nanotecnología.....	37
4.1)    Tendencias a nivel mundial.....	37
a.    Publicaciones y patentes.....	37
b.    Inversiones a nivel internacional.....	40
4.2)    Instrumentos de Política.....	42
Capítulo 5: La Nanotecnología en Argentina.....	56
5.1: Actores y eventos del Sistema Nanotecnológico Argentino:.....	56
a)    Institutos y Centros de I+D:.....	56
b)    Empresas:.....	60
c)    Instituciones:.....	64
Principales eventos del SNA entre el 2000-2010:.....	65
5.2 – Componentes del Sistema Nanotecnológico Argentino:.....	73
i.    Nanociencias y Nanotecnologías:.....	73
ii.   RRHH:.....	87
iii.  Infraestructura:.....	90
iv.   Cooperación.....	93
v.    Instituciones y financiamiento:.....	100
vi.   Políticas.....	109
vii.  Otra limitante del Sistema Nacional de Innovación:.....	119
Bibliografía:.....	139
Anexo I: Guía de entrevistas.....	145

## Capítulo 1: Introducción

Si bien hoy en día aún no hay un consenso a nivel internacional sobre lo que el campo de la **Nanotecnología** incluye, se puede realizar una aproximación a su definición diciendo que el término abarca los conocimientos utilizados para la manipulación de la materia a escala nanométrica (es decir la mil millonésima parte de un metro), con el fin de diseñar y mejorar las propiedades físico-químicas de distintos materiales. En esta escala se presentan fenómenos físicos regidos por nuevas reglas basadas en la mecánica cuántica que cambian drásticamente el comportamiento de los materiales, tornándolos mucho más eficientes y útiles con respecto a varias de sus aplicaciones actuales. A su vez, algunos especialistas han señalado que la Nanotecnología tendrá el potencial de introducir una nueva revolución industrial, pues permitiría modificar gran parte de los insumos utilizados en distintas industrias, e incluso, los más arriesgados se aventuran a imaginar que tiene la potencialidad de permitir reemplazar varias de las producciones basadas en recursos naturales, por ejemplo, al crear materiales que reemplacen al cobre (Sarma & Chaudhury, 2009).

Debido a estas y otras particularidades, en los últimos 10 años el término Nanotecnología ha surgido como un nuevo conjunto de técnicas capaces de revolucionar el tejido industrial, lo cual se debe al hecho de que se la considera como un conjunto de tecnologías de propósito general que posiblemente impactarán en casi todas las industrias en los próximos años, tal como lo han hecho las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Son varios los ejemplos que se pueden citar al respecto, entre ellos: el caso de la industria electrónica en donde se anticipan chips cada vez pequeños, logrando así mantener el sostenido avance de la famosa Ley de Moore (Moore, 1965); también en el área de salud se pronostican múltiples progresos que se podrían realizar tanto en el diseño y aplicación de fármacos como en novedosos instrumentales médicos; la industria automotriz es otro ejemplo, en donde se demandarían nuevos materiales para distintas gamas de vehículos y sus respectivas partes, como motores o cajas de cambio; entre otros ejemplos que se aludirán a lo largo del trabajo.

Asimismo, otro punto importante a destacar es que la Nanotecnología es un conjunto de tecnologías fuertemente basadas en ciencia, en donde para lograr aplicaciones es necesaria una continua y cercana interrelación entre las comunidades científicas y tecnológicas (Meyer, 2000). Tal como es el caso de la biotecnología, en donde las empresas dedicadas al área en muchas ocasiones necesariamente necesitan estar en la frontera del conocimiento para llevar a la práctica nuevos productos o procesos.

Esta característica también sugiere que para el caso de la Nanotecnología es necesaria una sinergia entre los sectores industriales y los sistemas de investigación y desarrollo.

Por tales motivos, la Nanotecnología se ha introducido en las agendas de política de diversos países, y varios ya han implementado políticas para promover la investigación, desarrollo, innovación y comercialización basada en Nanotecnología en sus respectivos territorios. Indudablemente, el disparador de este accionar ha sido la *National Nanotechnology Initiative* (NNI) creada por Estados Unidos en el 2001. Esta iniciativa coordinó la asignación de millonarias sumas de dinero al desarrollo de la Nanotecnología, promoviendo el trabajo en red de los distintos organismos de ciencia y tecnología preexistentes en EEUU. Este hecho inauguró oficialmente la carrera mundial de su desarrollo, ya que por su efecto, varios países han seguido un camino similar con el fin de desplegar sus propias capacidades en las distintas áreas que abarca el término. Por ejemplo, a partir del 2001 se han creado planes, iniciativas, centros nacionales o regionales en países como: Brasil, Rusia, India, China, Alemania, Japón, Corea del Sur, Canadá, entre varios otros. Por supuesto, si bien las iniciativas en algunos aspectos dependen de las características específicas de los contextos existentes en cada uno de los países, no por ello dejan de tener algunos elementos en común que serán abordados en el trabajo.

Estos crecientes movimientos a nivel internacional refuerzan el anuncio de la emergencia de una nueva revolución económica y tecnológica. Pero como es usual, este tipo de cambios son a la vez una amenaza y una oportunidad para todos los países del mundo por los siguientes motivos:

Una amenaza pues los cambios que acarrea la introducción de nuevas tecnologías llevan a que los modos de producción dominantes queden obsoletos en comparación con la introducción de los nuevos y más eficientes. En tal sentido, ya en algunos trabajos se ha expresado la preocupación a nivel internacional de que la Nanotecnología será un gran riesgo para los países en desarrollo, fuertemente dependientes de sus recursos naturales, pues la Nanotecnología, en su versión más radicalmente innovadora, va a ser capaz de generar cualquier objeto que la humanidad necesite sin necesidad de depender de la existencia actual de los recursos naturales para su elaboración, ya que los mismos podrían ser fabricados gracias a estas nuevas técnicas y formas de manipular la materia. Si bien esta parte de la Nanotecnología está más cercana, por el momento, a la ciencia ficción, no deja de indicar la brecha de conocimientos que puede llegar a existir entre aquellos que sí sepan y los que no sobre este campo. Ya se habla de una nanodivisión entre el Norte y el Sur, y además, de una división entre Sur-Sur, en donde países como China, India o Brasil podrían tomar la delantera en el campo con respecto a otros países del Sur.

Pero a la vez, estos cambios también son una oportunidad. Y precisamente en este punto es oportuno citar el concepto de ventanas de oportunidad (Pérez, 2001) para explicar las estrategias que los países pueden elegir para lograr su desarrollo económico. Pérez afirma que cuando se produce un cambio en el paradigma tecnoeconómico<sup>1</sup> reinante se abren principalmente dos ventanas de oportunidad. La primera de ellas hace referencia a las tecnologías maduras existentes que pueden ser rejuvenecidas a partir de la introducción del nuevo paradigma. La segunda ventana de oportunidad permite el ingreso de muchas nuevas empresas guiándose por las reglas de este nuevo paradigma. Estos conceptos son útiles para entender el papel que puede llegar a jugar la Nanotecnología, pues si la misma produce un cambio de paradigma tecnoeconómico, se verán afectadas las empresas establecidas y será factible la creación e introducción de nuevas en el mercado.

Hay estudios que afirman que los procesos de desarrollo económico rápido se han realizado en base a procesos bien llevados de desarrollo tecnológico (Pérez, 2001), y que estos se han logrado principalmente al establecer relaciones con los actores más avanzados dentro del paradigma tecnoeconómico reinante, ajustándose a las cambiantes reglas del juego que varían en función de las condiciones de contexto y estructuras. Siguiendo esta línea, Argentina parecería no estar ajena a estas tendencias mundiales. Ya que en los últimos años la actividad científica en universidades y organismos de I+D se ha intensificado en Nanotecnología, aumentando la producción de trabajos originales de investigación (MINCyT, 2009). Además, existen casi medio centenar de empresas que se encuentran trabajando en proyectos o ya con productos o procesos en base a Nanotecnología. A su vez, el estado ha intervenido con la creación de varios instrumentos para la promoción del área, como la Fundación Argentina de Nanotecnología, o las convocatorias de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica para la asignación de subsidios y créditos a proyectos de I+D y de innovación tecnológica.

Sin embargo, el estudio de políticas que incentiven el desarrollo en base a Nanotecnología en nuestro país es muy incipiente, y por lo tanto, se dificulta realizar un análisis de la dirección tomada, y de realizar, en caso de ser necesario, ajustes o cambios. Esto se debe a que se trata de un campo reciente de injerencia política, y por tal motivo, hasta son escasos los estudios a nivel internacional al respecto si se lo compara con otras áreas con más años de desarrollo, como las TIC o la biotecnología. Hay exiguos documentos sobre Nanotecnología que realicen una investigación en detalle de varias de las iniciativas a nivel mundial, donde se consideran algunos programas y planes aislados (dos o tres), que se focalizan en los países más desarrollados (EEUU, Reino Unido, China, etc.) o que mencionan con poco detalle un grupo mayor de países (Courtet *al*, 2003). Del mismo modo, se carece de estudios que hagan un análisis de la situación en Argentina, ni existen aquellos que

---

<sup>1</sup> El concepto engloba la trayectoria de distintos paradigmas tecnológicos según la definición de Giovanni Dosi (Dosi, 1982).

tengan en cuenta las características particulares, tanto positivas como negativas que pueden promover o frenar la germinación de actores que en base al desarrollo de la Nanotecnología logren introducir impactos positivos en la sociedad Argentina.

En este contexto, el problema central es la falta de estudios sobre la Nanotecnología que sirvan como insumo para la toma de decisiones de política. Estas carencias se agraven si se parte, como se hace en este trabajo, de la hipótesis de que se está ante un próximo cambio tecnoeconómico a nivel mundial que puede representar una ventana de oportunidad para varios países en desarrollo, ya que no se contaría con información y conocimientos sobre las tendencias a nivel mundial y las dinámicas específicas que está produciendo la Nanotecnología. Además, dado que la Nanotecnología está fuertemente basada en ciencia, los desarrollos a nivel industrial requerirán de una fuerte sinergia entre el sector público y privado, vínculo débil en los países de Latinoamérica, y que requieren de políticas específicas para su promoción. Por tales motivos, el presente trabajo de tesis tiene el siguiente objetivo principal:

**Objetivo Principal:**

**OP:** Estudiar la Nanotecnología en Argentina y las posibles políticas a implementar para profundizar su desarrollo.

A su vez, dada el desconocimiento sobre el área, el trabajo se complementa con los siguientes objetivos secundarios para estudiar distintos aspectos de la Nanotecnología:

**Objetivos Secundarios:**

**OS<sub>1</sub>:** Caracterizar que es la Nanotecnología y las posibles distintas dimensiones a considerar para su estudio.

**OS<sub>2</sub>:** Delinear cuales son las tendencias en creación de conocimientos e inversiones de la Nanotecnología en otros países y qué políticas específicas y/o formas de organización se han utilizado para promoverla.

**OS<sub>3</sub>:** Describir los principales actores relacionados con la Nanotecnología en Argentina y los principales eventos desde el 2000 al 2010.

De esta forma, el trabajo busca aportar conocimientos sobre el desarrollo de la Nanotecnología en Argentina, considerando las tendencias a nivel mundial, con el fin de brindar conocimientos que puedan ser contemplados para el diseño de nuevas políticas públicas en el área.

El trabajo de tesis se encuentra organizado de la siguiente forma: En el Capítulo 2 se explica la metodología y el marco conceptual utilizado, detallando los pasos que se han seguido para dar respuesta a cada una de los cuatro objetivos de la investigación. Luego, en el Capítulo 3 se desarrolla el primer objetivo secundario, describiendo las distintas dimensiones que fueron consideradas a lo largo del trabajo para el análisis de la Nanotecnología. Seguido a esto, en el Capítulo 4 se exponen los resultados encontrados sobre las tendencias a nivel internacional en el área, tanto en base a indicadores disponibles en estudios previos como a partir de un inventario realizado de instrumentos de política en un conjunto de 21 países, respondiendo así al segundo objetivo secundario. En el Capítulo 5 el análisis se focaliza en la Argentina, en donde en una primera sección se describen los actores relacionados con la Nanotecnología, respondiendo así al tercer objetivo secundario, mientras que en el resto del capítulo se desarrolla el objetivo central del trabajo de investigación. Se narran los principales eventos durante el desarrollo del sistema y en base a información cualitativa, se realiza una descripción de la situación actual de las actividades, potencialidades y limitaciones del sistema para el desarrollo de la Nanotecnología. En base a los tres capítulos previos, en el Capítulo 6 se desarrollan las conclusiones del trabajo, y se realizan un conjunto de sugerencias de políticas públicas para fortalecer el desarrollo de la Nanotecnología en Argentina.

## **Capítulo 2: Metodología y marco conceptual**

En este capítulo se detalla la metodología específica utilizada para cada uno de los objetivos, junto con los conceptos necesarios que sirvieron como punto de partida para la investigación. En primer lugar, se especifica la síntesis de la literatura realizada que aportó diversas definiciones sobre la Nanotecnología, remarcando un conjunto de facetas del fenómeno bajo estudio y que responde al primer objetivo secundario. En cambio, para el segundo objetivo se utilizaron resultados de informes que muestran comparativamente a varios países según distintas variables, y además, se realizó un inventario de instrumentos de política. Para el tercer objetivo secundario se detallan un conjunto de conceptos a partir de los cuales se identificaron y estudiaron los principales actores relacionados con la Nanotecnología. Por último, se describe la forma en la que se elaboró el estudio de caso sobre la Nanotecnología en Argentina, que a partir de técnicas cualitativas y cuantitativas aportó la información clave para responder al objetivo principal del trabajo.

### **OS<sub>1</sub>: Caracterizar que es la Nanotecnología y las posibles distintas dimensiones a considerar para su estudio.**

Para responder a esta primera pregunta secundaria, se realizó un análisis y sistematización de la bibliografía preexistente sobre Nanotecnología a nivel mundial. Para ello, se realizaron búsquedas de artículos de investigación y de informes realizados por organismos nacionales e internacionales sobre la temática. De esta forma, se seleccionaron un conjunto de características que permiten delinear que abarca y qué es la Nanotecnología, aunque se ha tenido la precaución de mencionar que muchos de las características de este nuevo campo aún se encuentran en evolución y en plena discusión dentro de la comunidad, y por lo tanto, se encontraron y expusieron opiniones divergentes en algunos temas. Estos resultados, que se muestran en el Capítulo 3, han servido como insumo y base para los análisis de los próximos capítulos.

### **OS<sub>2</sub>: Delinear cuales son las tendencias en creación de conocimientos e inversiones de la Nanotecnología en otros países y qué políticas específicas y/o formas de organización se han utilizado para promoverla.**

Para responder a la primera parte del objetivo, se utilizó información disponible en informes previos que analizan un conjunto de variables sobre Nanotecnología en distintos países. En particular, se utilizaron aquellos que analizan la magnitud de la producción científica y tecnológica medida a partir de publicaciones y patentes, junto con otros que cuantifican el dinero destinado al área.

Para responder a la segunda parte del objetivo se realizó un inventario de los instrumentos e iniciativas específicas para la promoción de la Nanotecnología. La base conceptual para su elaboración parte del concepto de política explícita<sup>2</sup> e implícita<sup>3</sup> en ciencia y tecnología desarrollado en la bibliografía (Sagasti & Araoz, 1974), y se lo extendió para incluir también en él al concepto de innovación. En este trabajo sólo se consideraron las políticas explícitas, y se consideran aquellas impulsadas desde el sector gubernamental y por representantes del sector privado.

Asimismo, para conceptualizar las búsquedas, se utilizó la definición propuesta por los autores (Sagasti & Araoz, 1974) de **Instrumento de Política (IP)**, que definen a un IP como el conjunto de formas y de medios de poner en práctica una política en particular, en este caso de ciencia, tecnología e innovación, movilizándolo al conjunto de actores, individuos e instituciones afectadas por la misma a moverse bajo las reglas e incentivos delineados por la política. Por ende, los autores afirman que un IP es la conexión entre el objetivo de la expresión de la política y el efecto buscado en la práctica, y el mismo puede constar de uno o más de los siguientes componentes<sup>4</sup>:

- a) Un dispositivo o disposición legal, que hace referencia a la parte de la política que está expresada en forma de leyes, decretos, regulaciones, acuerdos formales o contratos, buscando crear obligaciones, derechos, recompensas o penalidades según se sigan los lineamientos o no de la política en cuestión.
  
- b) Una estructura organizacional que está a cargo de implementar la política. Dentro de las posibles variantes los autores incluyen:
  - a. Una o más instituciones preexistentes, como así también la posible creación de nuevas que se encarguen de implementar la política, denominadas el “**hardware**” de la estructura organizacional.

---

<sup>2</sup> Las políticas explícitas son aquellas que explícitamente tienen como propósito causar un efecto en las actividades, funciones y actores del sistema de ciencia, tecnología e innovación sobre el cual han sido pensadas para operar en. Su propósito generalmente se encuentra expresado en documentos o declaraciones escritas con un grado de normatividad variable, y suelen definir un conjunto de objetivos, resultados esperados y tal vez medidas cuantitativas que se alcanzarán tras la introducción e implementación de la política.

<sup>3</sup> Las políticas implícitas son aquellas que no están directamente pensadas para producir efectos en los sistemas de ciencia, tecnología e innovación, pero que de todas formas impactan en los mismos, produciendo efectos que no habían sido planeados, efectos laterales que pueden ser tanto positivos como negativos.

<sup>4</sup> La estructura de IP de la figura tiene varias variantes, según la presencia o no de los tres elementos posibles mencionados, que dan lugar a un conjunto de otras configuraciones. Por ejemplo, un IP puede carecer de disposiciones legales contando con los otros 3 componentes, o igualmente, sólo carecer de una estructura organizacional. También, se pueden dar otros dos casos, el primero en el cual sólo se cuenta con la Política, los Mecanismos Operativos y sus efectos, mientras que en el otro caso sólo se cuenta con la Estructura Organizacional, los Mecanismos Operativos y sus efectos.

- b. Todos aquellos procedimientos, metodologías, criterios de decisión y programas que puedan abarcar una o varias instituciones y que permiten especificar el conjunto de pasos a seguir para implementar la política, considerados como aspectos del “**software**” dentro de la estructura organizacional.
- c) Un conjunto de mecanismos operativos que son como los brazos de la estructura organizacional, permitiéndole ejecutar la política en el día a día con el fin de cumplir sus objetivos.

La Figura 2.1 resume la definición del concepto de IP adoptada por Sagasti y Araoz.



**Figura 2.1:** Estructura de un instrumento de política en base a (Sagasti & Araoz, 1974).

Sumado a la definición de un IP, se tomó como antecedente la tipología de IP que se expuso en un documento reciente (Emiliozzi, Lemarchand, & Gordon, 2009) que explica el diseño y conformación de una base de datos sobre los instrumentos que promocionan las actividades en CTI<sup>5</sup> en países de América Latina. La tipología propuesta los divide en 5 categorías según sus objetivos y metas, tal como se puede observar en la Tabla 2.1, en donde la primera fila de cada columna representa el tipo de instrumento de política, mientras que los elementos dentro de cada uno aluden a los IP en sí.

<sup>5</sup> <http://www.politicascsti.net/>

Objetivos y Metas					
1) Generación de nuevo conocimiento científico básico y aplicado	2) Generación de nuevos productos y servicios de alto valor agregado	3) Formación de recursos humanos en CTI	4) Desarrollo de áreas tecnológicas estratégicas para el país	5) Generación de redes de articulación que estimulen el funcionamiento del sistema de CTI	
Instrumentos de política de CTI	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fondos científicos tecnológicos</li> <li>- Subsidios y becas de investigación</li> <li>- Centros de excelencia</li> <li>- Carrera del investigador</li> <li>- Incentivos docentes a la investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fondos tecnológicos</li> <li>- Fondos de innovación</li> <li>- Fondos de competitividad</li> <li>- Centros de transferencia CTI</li> <li>- Aportes no reembolsables</li> <li>- Capital de riesgo</li> <li>- Incubadoras de empresas</li> <li>- Financiación de la protección de la propiedad intelectual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Becas de grado, maestría y doctorado</li> <li>- Becas de posgrado financiadas por empresas</li> <li>- Becas de posgrado en el exterior</li> <li>- Repatriación de talentos</li> <li>- Programas de educación no formal en CyT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fondos sectoriales</li> <li>- Fondos en áreas específicas</li> <li>- Programas de áreas estratégicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redes de tecnología</li> <li>- Clústeres y parques tecnológicos</li> <li>- Sistemas de información en CTI</li> <li>- Financiamiento de asociaciones universidad-empresa</li> <li>- Prospectiva y vigilancia tecnológica</li> <li>- Diásporas y otras redes de vinculación</li> </ul>

**Tabla 2.1:** Elaboración propia en base a (Emiliozzi, Lemarchand, & Gordon, 2009).

La forma de construir esta tipología sirvió de base para la elaboración del inventario de instrumentos de IP creados específicamente para fomentar la Nanotecnología. Ya que de esta forma, la búsqueda de los IP se enfocó en aquellos pertenecientes a los puntos 4 y 5, con algunos instrumentos del punto 2 (Capital de riesgo, incubadoras de empresas, centros de transferencia en CTI) de la tipología de la Tabla 2.1. Es decir que se incluyeron los IP explícitamente dedicados a la Nanotecnología, y no se consideraron otros instrumentos que, siendo más abarcativos, incluyan también a otro tipo de tecnologías.

El motivo por el cual se realiza este inventario es saber que IP se han puesto en práctica en otras partes del mundo y si hay alguna frecuencia en el tipo de nuevos IP implementados. Especialmente se buscó estudiar aquellos que tengan como fin transferir los conocimientos científicos y tecnológicos al sector privado, buscando incrementar las innovaciones en las distintas áreas en donde es factible la aplicación de los mismos. Esta elección ha sido impulsada para aportar información y datos que sirvan como base para la discusión sobre el conocido problema existente en América Latina sobre la falta de conexiones entre las investigaciones y desarrollos tecnológicos llevados a cabo por organismos e instituciones del sector público, con las demandas y necesidades del sector privado. Esta situación está claramente retratada en las conclusiones del capítulo introductorio sobre el estado de la ciencia a nivel Iberoamericano (RICyT, 2009), en donde Mario Albornoz menciona que:

*“... el principal escollo para el desarrollo científico y tecnológico de los países de América Latina y el Caribe radica en lograr en mayor medida la movilización del sector privado. Si bien es necesario de los gobiernos inviertan más, la deuda principal se encuentra en el sector privado...”*

Sin duda la principal barrera a vencer en América Latina y el Caribe es la escasez de vínculos existente entre las empresas y las comunidades científicas. Argentina no es ajena a esta situación. Por ende y en particular para Nanotecnología, el inventario de los IP priorizó aquellos que buscan crear un flujo de información, colaboración y actividades en conjunto entre el sector público y privado en otros países, que podrían servir de inspiración para el diseño de IP a nivel nacional, contemplando las especificidades nacionales.

En total se estudiaron los IP específicos de Nanotecnología de un conjunto de 21<sup>6</sup> países que fueron seleccionados teniendo en cuenta que sean: países pertenecientes a distintos continentes; países con distintos grado de desarrollo científico y tecnológico; países que realizan actividades de Nanotecnología<sup>7</sup>, y de esta forma se contó con un grupo variado para el análisis. Para realizar la búsqueda de los instrumentos se utilizaron buscadores online a fin de detectar páginas web y documentos de investigación sobre los IP de los países seleccionados que fueron volcados en una base de datos, a partir de la cual se generaron breves informes de 1 a 3 páginas describiendo la situación en cada país. Luego, a partir del inventario de los IP, se procedió a ordenarlos y así se llegó a una tipología de las distintas formas de promoción específicas de Nanotecnología que se describe en el Capítulo 4 con una síntesis de los principales IP detectados. Esta información sirvió de base para indagar con más detalle en el capítulo 5 sobre las políticas implementadas y las que se podrían implementar en Argentina.

Por último, cabe aclarar que si bien el fin del inventario de los instrumentos de política fue conocer las distintas formas en las que se está interviniendo en otros países con tal de promover diversos aspectos de la Nanotecnología, en ningún momento se pretende promover una copia acrítica de modelos institucionales. Pues no se puede perder de vista que la aplicación de los IP depende de los contextos nacionales o regionales de las zonas bajo estudio, que evidentemente no siguen las mismas trayectorias. Por ende, no hay que olvidar que no es posible trasladar directamente un modelo de una zona a otra sin que sufra cambios en el medio, ya que hay varios factores que entran en juego y terminan alterando el concepto original (Dagnino & Thomas, 2000). Teniendo en cuenta esto, el inventario de IP de Nanotecnología detectados en otras latitudes sí puede servir como inspiración para la puesta en práctica de políticas experimentales, pero estudiadas y pensadas a medida de la realidad de las capacidades y limitaciones existentes en Argentina.

---

<sup>6</sup> Alemania, Argentina, Australia, Brasil, Canadá, China, Corea del Sur, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, India, Israel, Italia, Japón, México, Reino Unido, Rusia, Singapur, Sudáfrica, Taiwán.

<sup>7</sup> Esto se desprendió del análisis de la producción científica y tecnológica en Nanotecnología, junto con una consideración del indicador que se encuentra en la publicación de la OECD (Palmberg, Demis, & Miguét, 2009) que muestra la cantidad de empresas de Nanotecnología que estaban registradas en la base de la página web <http://www.nanovip.com/>.

**OS<sub>3</sub>**: Describir los principales actores relacionados con la Nanotecnología en Argentina y los principales eventos desde el 2000 al 2010.

Para identificar a los principales actores relacionados con la Nanotecnología en Argentina, en primer lugar se realizó una breve revisión de los distintos modelos que intentan explicar las relaciones entre ciencia, tecnología e innovación, y los principales actores intervinientes, a fin de seleccionar uno de ellos como marco teórico para direccionar el estudio.

La revisión partió del concepto de **Sistema de Innovación** (Nelsons & Nelson, 2002), que surgió a partir de la combinación de teorías institucionales con aquellas de economía evolutiva. La idea central detrás del concepto es que la innovación es tanto un acto individual como colectivo (Edquist, 2001), en donde no sólo es importante la dinámica de las empresas sino que también lo son ciertas características de las tecnologías y de los mecanismos de adopción utilizados en los sistemas de innovación.

Citando a Christopher Freeman, uno de los padres del concepto, el sistema de innovación está compuesto por:

*“... la red de instituciones en el sistema público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican o difunden tecnologías”* (Freeman, 1987).

A partir del enfoque del Sistema de Innovación, han surgido distintos conceptos cuya definición depende de donde se sitúe el borde o la frontera del sistema. Por ejemplo, el concepto de Sistema Nacional de Innovación está definido por la frontera geográfica de un dado país (Freeman, 1995; Lundvall *et al*, 2002). Del mismo modo, la literatura ha versado sobre los sistemas Sectoriales de Innovación, en donde los bordes del sistema a analizar se corresponden con un dado sector industrial, división que según el enfoque teórico está motivada por las características y patrones de innovación particulares en cada uno de los sectores (Malerba & Orsenigo, 1997). También se ha investigado sobre los sistemas regionales o locales de innovación en donde las fronteras corresponden a un territorio dado (Yoguel, Borello, & Erbes, 2006).

Sin embargo, en todos los casos mencionados previamente se adolece del mismo problema, pues se trata de enfoques que realizan un análisis más bien estático de la situación de los sistemas de innovación, y en donde el enfoque principalmente suele estar puesto a nivel institucional, sin entrar en mucho detalle en las acciones de los emprendedores (Hekkert *et al*, 2007). Por tal motivo, para analizar el cambio en el tiempo y las actividades emprendedoras, en la literatura se ha introducido el concepto de **Sistema Tecnológico de Innovación**(Carlsson *et al*, 2002), que se define como:

*“... la red de agentes que interactúan en un área económica/industrial bajo una específica estructura institucional (...) involucrada en la generación, difusión y utilización de tecnología.”*

Este concepto no está necesariamente sujeto a la delimitación por país, región o sector industrial, sino que se enfoca en una dada tecnología, la cual puede ser una tecnología específica, como el uso de semiconductores para la elaboración de circuitos electrónicos, o genérica aplicable en varios sectores industriales, como es el caso de la Nanotecnología. Además, una de sus importantes ventajas es que el enfoque acota el número de actores, instituciones y redes que forman parte del sistema tecnológico, y por lo tanto es más fácil realizar un seguimiento de la evolución de los mismos en el tiempo. Ya se han realizado varios estudios al respecto, como los estudios sobre la evolución de los sistemas tecnológicos de energías renovables (Suurs R. *et al*, 2010; Negro, Hekkert, & Smits, 2007).

En este sentido, se eligió el concepto de Sistema Tecnológico para indagar sobre los principales actores de la Nanotecnología en Argentina y su evolución, definiendo el **Sistema Nanotecnológico Argentino (SNA)** como el conjunto de actores, redes e instituciones que llevan a cabo actividades relacionadas con la generación, difusión y utilización de la Nanotecnología en el país. A la vez, se contemplaron las dimensiones del sector gubernamental y de los grupos de I+D explícitamente, tal como se consideran en el modelo de Sábato y Botana (Sábato & Botana, 1968) y de la Triple Hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000); pues si bien estos modelos tienen sus diferencias, ya que ponen en distintos lugares el enfoque, para el trabajo de tesis se tomó como marco analítico la distinción entre sectores, gubernamental, empresarial y grupos de I+D; dado que para el caso de las Nanotecnologías sus funciones pueden ser detectadas fácilmente, junto con sus intra, inter y extrarelaciones. Por este motivo se ha elegido este esquema de separación, que ha permitido estudiar los grupos de I+D, las empresas y otros organismos de política pública relacionados con la Nanotecnología, tal como se detalla en la primera sección del Capítulo 5.

Para el análisis y detección de los actores se han utilizado fuentes secundarias, información de páginas web y de fondos de financiamiento que permitieron identificar las empresas, grupos de I+D e instituciones relacionados con nanotecnología. Del mismo modo, se han utilizado dichas fuentes junto con artículos periodísticos a fin de identificar y ordenar los principales eventos que han ocurrido en el SNA durante el período 2000-2010.

**OP: Estudiar la Nanotecnología en Argentina y las posibles políticas a implementar para profundizar su desarrollo.**

Para responder al objetivo general del trabajo de tesis, se utilizaron los resultados obtenidos al responder a los objetivos secundarios a fin de realizar un estudio de caso para describir el estado de la situación actual del Sistema Nanotecnológico Argentino. A continuación se detalla la forma de abordar el trabajo cuyos resultados se encuentran en el Capítulo 5.

El análisis de los principales actores del entramado de la Nanotecnología junto con la narrativa que describe su evolución sirvió para delinear las macro tendencias del SNA. Pero a la hora de entrar en más detalle en el análisis de los distintos tipos de actores y sus interrelaciones, se decidió utilizar una estrategia de investigación cualitativa que se corresponde con el tipo de pregunta a responder que indaga sobre el “cómo” de un fenómeno (Yin, 2003). Además, la elección de esta estrategia se vio motivada por la escasez de estudios sobre cómo ha evolucionado la Nanotecnología en Argentina y cuál es su estado actual. Por tal motivo, se utilizaron técnicas cualitativas para recolectar y analizar información que permitió responder a la pregunta principal, complementando los resultados del enfoque explicado en el punto previo, junto con conceptos y resultados que se obtuvieron de la respuesta a las dos primeras preguntas secundarias.

Para ello, se escogió como objeto de estudio del caso al SNA, y dado que es una especie de ente abstracto, se decidió obtener información del mismo a partir de los actores que lo conforman. Por ende, la unidad de análisis del caso fueron un conjunto de actores clave del sector empresarial, del sistema científico y tecnológico y de actores relacionados con políticas, todos ellos formando parte del SNA.

Para la recolección de información se realizaron entrevistas semi estructuradas en profundidad. Se elaboraron dos guías de preguntas. Una dirigida a investigadores y tecnólogos, y la otra dirigida a empresarios, En ambos casos se incluyeron preguntas sobre políticas públicas, y se realizó una prueba piloto de las guías a fin de perfeccionarlas (Las preguntas se encuentran en el Anexo I). Las mismas se utilizaron para orientar las entrevistas, y las preguntas incluidas en cada una de ellas tomaron como base los conceptos y resultados que se puntualizan en el Capítulo 3 y 4 a fin de elaborar preguntas disparadoras para la obtención de información de los informantes clave. Además, para su selección se partió de un conjunto de proposiciones sobre que variables o factores son clave para el desarrollo del SNA, entre ellas se encuentran las siguientes:

**Pr<sub>1</sub>**:La implementación de políticas públicas específicas para Nanotecnología por parte del Estado promueve las actividades en el área.

**Pr<sub>2</sub>**:La mayor disponibilidad de recursos financieros impacta positivamente en el desarrollo del SNA.

**Pr<sub>3</sub>**:La presencia de suficientes recursos humanos capacitados en Nanotecnología posibilita el desarrollo del SNA.

**Pr<sub>4</sub>**: La disponibilidad de infraestructura e instrumentos adecuados juega un rol central para el desarrollo de la nanotecnología.

**Pr<sub>5</sub>**:El desarrollo de la Nanotecnología depende de un fluido vínculo entre el sector científico tecnológico y el sector empresarial, y de la capacidad de cooperación con otros actores, tanto a nivel nacional como internacional.

**Pr<sub>6</sub>**:La existencia de aplicaciones comerciales en base a nanotecnología en el país depende de qué áreas industriales se trate y de las orientaciones de las líneas de I+D existentes.

**Pr<sub>7</sub>**:El emprendedorismo y la identificación y resolución de problemas particulares de comercialización asociados a una nueva tecnología (Marketing, precios, sociales, mercados) estimulan la comercialización de la Nanotecnología.

**Pr<sub>8</sub>**:La existencia o no de códigos de ética, regulaciones y estándares impacta en el desarrollo de las actividades de los actores dentro del SNA.

Los entrevistados fueron elegidos según su pertenencia a instituciones del sistema científico tecnológico y a empresas relacionadas con Nanotecnología. Se seleccionaron actores reconocidos e influyentes en la temática desde sus comienzos, como así también actores que han ingresado más recientemente a fin de complementar las visiones y lograr una triangulación de fuentes de datos. Para el caso del sistema científico y tecnológico, se buscó entablar conversaciones con representantes de las principales instituciones según producción científica y desarrollos tecnológicos. Mientras que para el caso de empresas se consideraron aquellas que tienen ya desarrollos sobre nanotecnología en marcha. En total, entre Agosto y diciembre del 2010 se realizaron 15 entrevistas con actores del SNA. De ellos, 4 pertenecen a empresas y los 11 restantes a grupos de I+D en universidades, centros de investigación u organismos de ciencia y tecnología, como el INTI y la CNEA. Cabe resaltar que 7 de los 15 entrevistados pertenecen o pertenecieron a la comisión asesora de la Fundación Argentina de Nanotecnología (Organismo argentino creado para la promoción de la temática que se describirá oportunamente en el Capítulo 5), la cual asesora en las decisiones de políticas a la Fundación. A su vez, tres de los entrevistados pertenecen o pertenecieron al Centro Argentino Brasileiro de Nanociencias y Nanotecnologías. Por ende, en ambos casos estos actores aportaron sus perspectivas tanto desde el lado de su accionar en el ámbito de I+D o Empresas, como sus recomendaciones y acciones desde el lado de las políticas públicas a nivel estatal. De esta forma, los actores entrevistados representan a las tres esferas de actores que componen el SNA, y en la Tabla 2.2 se encuentra listado sus nombres e instituciones:

Nombre	Lugar de trabajo
Dr. Alberto Lamagna	CNEA
Dr. Carlos Moína	INTI
Dr. Ernesto Calvo	INQUIMAE - FCEN - UBA
Dr. Galo Soller Illia	CNEA
Dr. Hernán Pastoriza	CNEA – CAB
Dr. Joaquín Valdés	INTI
Dr. Máximo Ricci	Melt SA
Dr. Pablo Levy	CNEA
Dr. Roberto Salvarezza	INIFTA – UNLP
Dr. Roberto Zysler	CNEA-CAB
Dra. Eder Romero	UNQui
Dra. Liliana Fraigi	INTI
Ing. Ricardo Daniel De Simone	Bell Export SA
Lic. Horacio Tobías	Nanotek SA
Lic. Ricardo Sagarzazu	INVAP SE

**Tabla 2.2:** Elaboración propia.

Cada entrevista duró entre 1 y 2 horas y se basó en el conjunto de preguntas disparadoras, definidas a partir de las proposiciones que permitieron guiar las conversaciones, aunque no se dejaron de indagar otros aspectos que surgieron espontáneamente en el transcurso de las entrevistas. Para el análisis de la información recolectada se transcribieron todas las entrevistas y se analizó minuciosamente cada una de ellas. Para ello, se le asignaron códigos a distintos fragmentos de las transcripciones según si el texto de la entrevista respondía a alguna de las proposiciones inicialmente definidas. Además, se agregaron nuevos códigos sobre temáticas que surgieron durante el transcurso de algunas de las entrevistas y que no habían sido contemplados en el diseño original. Luego, se analizó el contenido de cada código, y se sintetizaron las ideas y opiniones expresadas por los expertos, y en algunos casos se citaron los comentarios realizados, siempre manteniendo el anonimato de los entrevistados. Para el análisis del caso y según la disponibilidad de información, se sumaron fuentes secundarias obtenidas de Internet, revistas de investigación, diarios, etc., con el fin de triangular los resultados obtenidos en las entrevistas. De esta forma, se construyó la descripción del caso que se encuentra en el Capítulo 5.

En cuanto a la respuesta a la segunda parte del objetivo general, la misma se desprende de un proceso de internalización, ordenamiento y reflexión de todos los resultados y conclusiones a los que se ha arribado a lo largo de trabajo de investigación. Ya que al considerar las características específicas de la Nanotecnología que son estudiadas en el Capítulo 3, junto con las tendencias a nivel internacional explicadas en el Capítulo 4, sumadas a la forma en la que se ha desarrollado la Nanotecnología en Argentina detallada en Capítulo 5, se distinguen un conjunto de desafíos que tiene el SNA, que se podrían enfrentar al considerar un conjunto de elementos de política faltantes o mediante el refuerzo y profundización de algunos que ya se encuentran en funcionamiento. Por ende, tras exponer en detalle las principales conclusiones derivadas de cada uno de los capítulos, en el Capítulo 6 se incluyen un conjunto de sugerencias de política que podrían servir para estimular el diseño de

nuevos instrumentos e iniciativas de política pública con el fin de fortalecer y expandir las capacidades nacionales existentes en el área de Nanotecnología.

Por último, y a modo de ayuda visual para la lectura del trabajo, en la Tabla 2.3 se resumen los objetivos de la investigación, el capítulo correspondiente donde se desarrollan, y los tipos de fuentes de información utilizados.

Nº	Objetivo	Capítulo	Metodología
OP	Estudiar la Nanotecnología en Argentina y las posibles políticas a implementar para profundizar su desarrollo.	5.2 - Componentes del Sistema Nanotecnológico Argentino	a) Fuentes primarias y secundarias. b) Entrevistas en profundidad. c) Encuesta a empresas. d) Datos cuantitativos del análisis de patentes y publicaciones.
		6 - Conclusiones y recomendaciones de política	En base al conocimiento adquirido en el proceso de elaboración de la tesis.
OS <sub>1</sub>	Caracterizar que es la Nanotecnología y las posibles distintas dimensiones a considerar para su estudio.	3 - La Nanotecnología	a) Revisión de la literatura.
OS <sub>2</sub>	Delinear cuales son las tendencias en creación de conocimientos e inversiones de la Nanotecnología en otros países y qué políticas específicas y/o formas de organización se han utilizado para promoverla.	4 - Tendencias a nivel mundial e Instrumentos de Política de Nanotecnología	a) Fuentes primarias (programas nacionales, leyes, decretos, etc.). b) Fuentes secundarias (artículos de investigación, páginas web) obtenidas de Internet.
OS <sub>3</sub>	Describir los principales actores relacionados con la Nanotecnología en Argentina y los principales eventos desde el 2000 al 2010.	5.1 - Actores y eventos del Sistema Nanotecnológico Argentino	a) Fuentes primarias y secundarias. b) Encuesta a empresas. c) Datos cuantitativos del análisis de patentes y publicaciones.

**Tabla 2.3:** Fuentes de información utilizadas para responder las preguntas de la investigación.

## **Capítulo 3: La Nanotecnología**

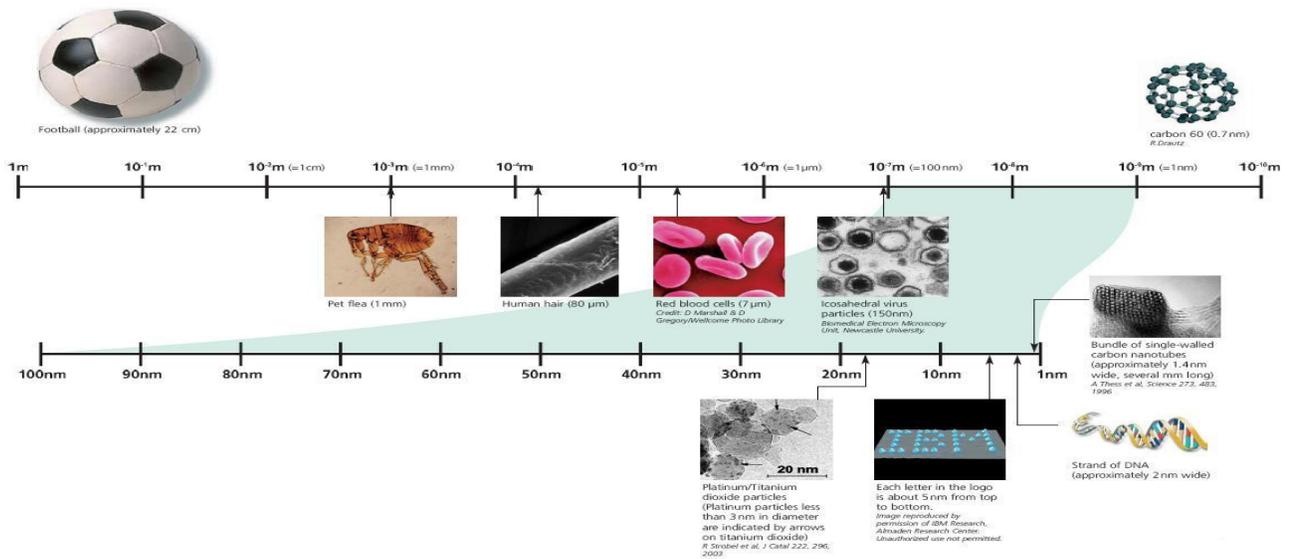
*“There’s plenty of room at the bottom”, R. Feynman*

El término Nanotecnología se ha expandido velozmente por los distintos sistemas de ciencia, tecnología e innovación a nivel mundial, y se dice que muchas puertas han sido abiertas al mundo de lo pequeño gracias a los avances en esta área. Pero, ¿qué se entiende por dicho término? ¿Cuál ha sido su desarrollo histórico? ¿Por qué es importante desde el punto de vista económico? ¿Qué características especiales tiene? A lo largo de este capítulo se responderán estas preguntas, retratando las principales facetas de este fenómeno multidimensional.

### **3.1) Algunas definiciones:**

#### **a. ¿Qué es un nanómetro?**

Etimológicamente, la raíz *nano* proviene de la unidad de medida “nanómetro”, que significa  $10^{-9}$ , es decir la mil millonésima parte de un metro. Esta no es una magnitud fácil de imaginarse, pero para tener una estimación de las escalas, la Figura 3.1 es una buena ayuda, pues en ella se muestran los tamaños de distintos objetos que uno puede encontrar y observar en la vida, junto con otros a menores escalas que se escapan de nuestras posibilidades visuales, salvo que utilizemos instrumentos electrónicos para su observación.



**Figura 3.1:** Obtenido de The Royal Society, 2004.

En la Figura 3.1 se muestran dos escalas. En la superior, que abarca desde 1 metro (m) a 0,1 nanómetros (nm), se compara el tamaño de una pelota de fútbol en un extremo, con un diámetro aproximado de 22cm, con una molécula de carbono 60, de diámetro 0,7 nm. En el medio, se muestra el tamaño de un piojo de mascota (1mm), de un cabello humano (80 micrómetros o 0,08mm), el tamaño de las células rojas en nuestro organismo (7 micrómetros) y el de un virus icosaedral de 150nm. La escala inferior se concentra en los 100 a 1 nm, que es aproximadamente las dimensiones que suelen utilizarse para clasificar a los desarrollos en Nanotecnología. En particular, se muestran los tamaños de partículas de dióxido de titanio y platino, con un diámetro para las partículas de platino inferior a los 3nm, junto con el logo de IBM de 5nm de tamaño, una hebra de ADN de 2nm, y por último, nanotubos de carbono de 1.4 nm de ancho. Al realizar un simple cálculo se puede hallar que la pelota de fútbol tiene un diámetro de 220 millones de nanómetros, lo cual da una imagen de lo pequeño que es este mundo de la Nanotecnología en comparación con las dimensiones con las que uno está acostumbrado a lidiar diariamente, y en parte, esta escala pequeña, que tiene aún muchas fronteras por explorarse, explica la fascinación que ha suscitado a nivel mundial ya que en la misma los materiales presentan nuevas propiedades que no tenían a mayor escala, y que permiten aplicarlos de nuevas formas (Soler Illia, 2009).

**b. ¿Cuál fue el desarrollo histórico del término?**

Los trabajos en la literatura señalan que el origen de la Nanotecnología (Romig *et al*, 2007; Maynard, 2007; Salerno *et al*, 2008) parten de la conferencia del físico norteamericano, galardonado con el premio Nóbel de Física en 1965, Richard Feynman, quien fue uno de los primeros en darse cuenta de las potencialidades existentes en la nanoescala. En la conferencia de la reunión anual de la Asociación de Física Norteamericana<sup>8</sup>, Feynman se explayó sobre las posibilidades físicas de controlar la materia a escalas muy inferiores de las que se manejaban en la época, afirmando que teóricamente era posible guardar los 24 volúmenes que en su momento tenía la enciclopedia británica en la punta de un alfiler. Y yendo aún más lejos, afirmó que la información contenida en todas las bibliotecas del mundo podría guardarse en un cubo de algunos centímetros de lado. La conferencia es reconocida como el puntapié inicial para el desarrollo de la Nanotecnología. No obstante, Feynman nunca mencionó el término Nanotecnología en sí. Esto recién ocurrió en 1974, cuando el científico japonés Norio Taniguchi afirmó en un trabajo que la Nanotecnología consistía en “*el procesamiento, separación, consolidación y deformación de materiales manipulando átomos o moléculas*” (Taniguchi, 1974).

Una mayor difusión del concepto de Nanotecnología ocurrió gracias a las contribuciones sobre sus grandes potencialidades que ha realizado el Dr. Eric Drexler. En su libro “The engines of creation” (Drexler, 1986), promovió tanto visiones realistas, como utópicas y distópicas de los posibles futuros de la humanidad al utilizar estas nuevas tecnologías. Esto se debe a que introdujo el concepto de Nanotecnología Molecular que le asigna a la Nanotecnología la capacidad de invención de nano robots. En el libro argumenta que estos pequeños autómatas estarían habilitados para reproducir cualquier objeto, tanto material como animal, esbozando la hipótesis de que cualquier cosa podría ser creada a partir de estos robots. Si bien esto parecería algo muy positivo, pues cualquier objeto podría ser construido por los nano robots, también se mencionaron sus lados negativos, que estarían relacionados con su capacidad de auto reproducción, la cual podría ser indefinida, incontrolable, con el riesgo de amenazar recursos naturales o inclusive a la humanidad entera si desarrollaran un comportamiento similar al de un virus. El libro se encuentra repleto de otros ingeniosos inventos, que aún hoy en día parecen más cerca de un libro de ciencia ficción, que de teorías científicas o desarrollos tecnológicos factibles que los sostengan empíricamente. A la vez, en el mismo año de publicación del libro, Drexler creó el instituto Foresight<sup>9</sup>, que ha ayudado a difundir en la sociedad los posibles beneficios y riesgos derivados de los avances en Nanotecnología, también a través de Internet. De toda formas, además de promover y difundir el uso del término “Nanotecnología”, la importancia del aporte de las descripciones y visiones de Drexler

---

<sup>8</sup>Transcripción de la conferencia “There’s Plenty of Room at the Bottom” de Richard Feynman. Disponible en <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>

<sup>9</sup>Foresight Institute - <http://www.foresight.org/> Consultado el 09-06-2010.

radica en que han sido capaces de iniciar a otros investigadores en la temática, ya que ha participado en debates<sup>10</sup> y discusiones sobre la posibilidades de la Nanotecnología Molecular que han encendido con mayor fuerza la llama de la Nanotecnología a nivel mundial.

**c. ¿Cuál es la definición de la Nanotecnología que se usará en el estudio?**

La definición etimológica en función de la escala y el origen del término Nanotecnología es precisa, pero no ocurre lo mismo con lo que se entiende o lo que abarca el concepto de Nanotecnología. Esto se debe a que no hay aún una definición consensuada a nivel internacional, sino que tan solo varios intentos de definirla dispersos en documentos de organismos y países que tienen sus propias definiciones sobre el tema, que si bien son similares en muchos aspectos, en otros difieren. En la Tabla 3.1 se expone una selección de las mismas encontradas en la bibliografía:

Fuente	Definición
Estados Unidos: National Nanotechnology Initiative	El entendimiento y el control de la materia en dimensiones aproximadamente entre 1 y 100 nanómetros, donde fenómenos únicos permiten nuevas aplicaciones. Incluye la ciencia, tecnología e ingeniería en la nanoescala, incluyendo imágenes, mediciones, creación de modelos y manipulación de la materia.
Séptimo programa marco de la Unión Europea (2007-2013)	Generación de nuevos conocimientos en fenómenos de interfase y dependientes del tamaño; control en la nanoescala de la propiedad de materiales para nuevas aplicaciones; integración de tecnologías en la nanoescala; propiedades de autoensamblado; nanomotores; máquinas y sistemas; métodos y herramientas para caracterizaciones y manipulaciones en la nanoescala; tecnologías de nano precisión en química para la producción de materiales básicos y componentes; el impacto en la salud humana y el medioambiente; metrología, monitoreo y uso de sensores; nomenclatura y estándares; exploración de nuevos conceptos y enfoques para aplicaciones sectoriales, incluyendo la integración y convergencia de tecnologías emergentes.
Japón: Segundo Plan Básico de Ciencia y Tecnología (2001-2005)	La Nanotecnología es una ciencia y tecnología interdisciplinaria que abarca tecnologías de la información, ciencias medioambientales, ciencias de la vida, ciencias de materiales, etc. Es para controlar y manipular los átomos y moléculas en el orden de los nanómetros, posibilitando el descubrimiento de nuevas funciones que utilicen las características únicas de los materiales en la nanoescala, para promover la innovación tecnológica en diversos campos.
Working definition of ISO TCC 229 in 2007	El entendimiento y el control de la materia y procesos en la nanoescala, típicamente, pero no exclusivamente, por debajo de los 100 nanómetros en una o más de las dimensiones en donde los fenómenos dependientes del tamaño usualmente permiten nuevas aplicaciones. Utilizando las propiedades de los materiales en la nanoescala que difieren de las propiedades de los átomos, moléculas individuales para crear materiales mejorados, dispositivos y sistemas que explotan esas propiedades.
Oficina Europea de Patentes	El término abarca entidades con un tamaño geométrico en al menos uno de sus componentes funcionales por debajo de los 100 nanómetros, susceptible de tener efectos físicos, químicos o biológicos intrínsecos a dicho tamaño. También cubre equipamiento y métodos para el análisis controlado, manipulación, procesamiento o medición con precisión por debajo de los 100 nanómetros.
Alemania	La Nanotecnología es la investigación, aplicación y producción de estructuras, materiales moleculares, y sistemas con una dimensión y/o tolerancia en la producción de menos de 100 nanómetros. En esta escala los componentes del sistema permiten la realización de nuevas funcionalidades y propiedades para mejorar los productos y aplicaciones existentes, o desarrollar nuevas.
Reino Unido	Dividen en: Nanociencias: El estudio de los fenómenos y la manipulación de los materiales a escalas atómicas, moleculares y macromoleculares, en donde las propiedades difieren significativamente de aquellas existentes a escalas mayores. Nanotecnología: El diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas obtenidos a partir del control del tamaño y forma a escala nanométrica.

**Tabla 3.1:** Elaboración propia en base a: Palmberg et al, 2009; BMBF, 2007; The Royal Society, 2004.

<sup>10</sup> Un ejemplo es el debate de Drexler con Smalley sobre la factibilidad de la producción de “ensambladores moleculares”, que serían dispositivos capaces de posicionar moléculas con precisión atómica. Parte del debate se puede consultar en <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html> Consultado el 09-06-2010.

Al inspeccionar la tabla es evidente que no existe consenso aún sobre lo que se entiende por Nanotecnología, ya que si bien todas las definiciones hablan de la nanoescala, no hay un límite preciso en donde situar su inicio y/o final. Para algunas definiciones la Nanotecnología ocurre estrictamente por debajo de los 100nm, mientras que otras definiciones son más laxas y permiten incluir dimensiones superiores, pero siempre remarcando la existencia de nuevas propiedades derivadas del pequeño tamaño. También, en las distintas conceptualizaciones varían las posibles áreas que abarca la Nanotecnología, algunas se enfocan en describir las disciplinas participantes, mientras que otras mencionan las tecnologías consideradas dentro del término Nanotecnología. Por último, la definición del Reino Unido separa las aguas entre el concepto de Nanociencia, más enfocado a investigación básica en el área, y Nanotecnología, enfocado en las investigaciones y desarrollos aplicados en la nanoescala, algo que no realizan las otras fuentes que consideran todo aglomerado dentro del término Nanotecnología.

En la presente tesis se utilizó la definición empleada por la Royal Society del Reino Unido, y además, en los casos necesarios se utilizó la separación propuesta entre **Nanociencia y Nanotecnología (N&N)** dado que permite tener una aproximación a los tipos de desarrollos de investigación y desarrollo existentes.

### **3.2) Importancia económica**

La siguiente pregunta a responder es porque en la literatura se afirma que es importante realizar investigaciones y desarrollos con el fin de avanzar los conocimientos y aplicaciones prácticas de la Nanotecnología. A continuación se menciona una selección de argumentos, donde algunos tienen una orientación más teórica mientras que otros se basan en observaciones más directas del fenómeno de la Nanotecnología.

#### **a. Ondas de Kondratieff**

Uno de los argumentos que se utiliza para fundamentar las inversiones necesarias en Nanotecnología tiene su base en la teoría de los ciclos económicos de Kondratieff. Por ejemplo, un autor ha reactualizado la teoría enunciada por Kondratieff, sosteniendo la hipótesis de la existencia en el pasado de 5 grandes ciclos<sup>11</sup> de desarrollo económico (Wonglimpiyarat, 2005) que han sido motivados por la revoluciones tecnológicas. Wonglimpiyarat considera que la Nanotecnología es una tecnología

---

<sup>11</sup> En el primero ciclo, se afirma que el factor clave para el desarrollo de las revoluciones textiles entre 1780 y 1840 fue el algodón. En el segundo ciclo, el factor principal identificado fue el carbón que permitió el auge de las industrias basadas en las máquinas de vapor y en los ferrocarriles. Mientras que en el tercero, entre 1890 y 1940, el rol primordial lo jugó el acero para las industrias basadas en energía eléctrica y manufacturas químicas. Entre 1940 y 1990 sitúan el cuarto ciclo, en el cual los avances en cuestiones de energía, motivados por la mayor producción petrolera, fueron clave para las industrias de electrónica, materiales sintéticos y farmacéutica. Por último, el quinto ciclo estuvo basado en los avances en circuitos integrados que han permitido el auge de las aplicaciones en tecnologías de la información y comunicación.

revolucionaria que producirá un cambio de paradigma industrial, argumentando que la misma está permitiendo la entrada en la sexta onda de Kondratieff, y por ende, justifica el potencial que tiene de generar impactos y otorgar ventajas económicas a los países líderes, tal como ocurrió en los ciclos previos. Este argumento, con algunas variantes, se ha mencionado en varias conferencias y documentos<sup>12</sup>, con el claro fin de incentivar la inversión en el área. Sin embargo, adolece de una prueba que lo valide *ex ante* empíricamente. Ya que tan sólo demuestra una expresión de deseo, pues las ondas son más fáciles de identificar una vez que han ocurrido y no cuando todavía son sólo especulaciones sobre lo que podría pasar en un futuro.

## **b. Campos de aplicación**

Las posibles múltiples aplicaciones de los avances y descubrimientos en Nanociencias y Nanotecnologías son la principal base sobre la cual se sustenta la importancia del campo. La literatura muestra un amplio abanico de posibilidades, tanto a corto, como en el mediano a largo plazo, que depende también de la metodología utilizada en los estudios y de las áreas geográficas sobre las cuales se han focalizado. Por ejemplo, en un documento sobre las futuras aplicaciones de la Nanotecnología en Europa (Otilia saxl, 2005), se destacan ocho<sup>13</sup> áreas que cubren varios sectores industriales. También, en el documento de la Royal Society del Reino Unido (The Royal Society, 2004), se realizó una clasificación de un conjunto de aplicaciones según el lapso temporal de su posible implementación, separándolas en aplicaciones: actuales y otras posibles de implementar en el corto y largo plazo<sup>14</sup>. Con respecto a las aplicaciones en países en vías de desarrollo, en el 2005 se realizó un estudio delphi con 63 expertos en Nanotecnología (Salamanca-Buentello *et al*, 2005), y se seleccionaron un conjunto de áreas de aplicación

---

<sup>12</sup> Por ejemplo en el informe de la empresa de inversión Allianz ([https://www.allianz.com/static-resources/en/press/media/documents/v\\_1265715725000/kondratieff\\_en.pdf](https://www.allianz.com/static-resources/en/press/media/documents/v_1265715725000/kondratieff_en.pdf) Consultado el 10-06-2010), o la presentación del Dr. Lamagna, (<http://www.ideared.org/coloquio42/presentaciones/lamagna.zip> Consultado el 15-06-2010), entre otros.

<sup>13</sup> Primero, en nuevas técnicas para la producción de energías por medios renovables y nuevas técnicas para mejorar su posterior almacenamiento, mejorando los modelos de paneles solares y las tecnologías de celdas de combustibles, entre otras. Segundo, se destacan posibles aplicaciones para técnicas y análisis de purificación y filtrado de agua, considerado como un recurso estratégico y que se estima que escaseará por el calentamiento global en el futuro. Tercero, aplicaciones ambientales, como sensores para medir los niveles de contaminación o catalizadores para extraer químicos tóxicos en vehículos. Cuarto, nuevos avances tecnológicos para perfeccionar el manejo de residuos. Quinto, múltiples aplicaciones para el cuidado de la salud, como mejoras en las técnicas de diagnóstico, en implantes, en la efectividad de las drogas contra distintas enfermedades, entre otras. Sexto, mejoras sustanciales en los empaquetamientos utilizados para comidas, más eficientes y con propiedades antibacteriales que mejorarán la forma de conservar la comida. Séptimo, aplicaciones para el incremento del bienestar de animales. Octavo, nanosensores para monitoreo y fertilizantes para utilizar en agricultura.

<sup>14</sup> Entre las actuales en el momento de la publicación se mencionaron aplicaciones en protectores solares y cosméticos, en distintas clases de compuestos utilizados en polímeros, en arcillas útiles en materiales de construcción, en recubrimientos y superficies, como así también en herramientas más duras para realizar cortes que contienen materiales nanocristalinos que se utilizan para realizar las perforaciones en los tableros de los circuitos microelectrónicos. Entre las aplicaciones a corto plazo se mencionaron las siguientes: Incorporación de nanopartículas en pinturas, que puede mejorar su performance y agregarles nuevas propiedades; Ingeniería de nano membranas para mejorar los diseños y eficiencias de las celdas de combustible; Mejoras sustanciales en la calidad de los displays utilizados en monitores de pantalla plana o de computadora, mediante el uso de nanomateriales; Aplicación de materiales nanocristalinos para mejorar la densidad de energía que pueden mantener las baterías, junto con una reducción de su tamaño para las múltiples aplicaciones en dispositivos electrónicos portátiles, como celulares, notebooks, sensores, entre otras. Con respecto a las aplicaciones a largo plazo, se expusieron las siguientes: Compuestos de nanotubos de carbono que presentan excepcionales propiedades mecánicas, es el material más resistente conocido, liviano y conductor eléctrico; Aplicaciones de las nanoesferas como lubricantes, tanto en el sector de energía como en el de transporte; Usos de las propiedades magnéticas de los materiales nanoestructurados, como por ejemplo en motores o en los instrumentos de resonancia magnética ampliamente utilizados en medicina.; También, mencionan las aplicaciones para mejorar las actuales capacidades de almacenamiento de datos en computadoras al utilizar materiales en la nanoescala; el documento menciona los avances en implantes médicos, y por último, las aplicaciones militares, como el uso de nanomateriales para aumentar la resistencia de los trajes de las milicias ante distintas adversidades y condiciones externas extremas, como armas químicas o biológicas (<http://web.mit.edu/isn/> Consultado el 11-06-2010).

según su: impacto, apropiabilidad, posibilidad práctica de aplicación, conocimientos necesarios y beneficios indirectos. A continuación se las ordena según el puntaje obtenido en el Delphi:

- i. Producción, conversión y almacenamiento de energía
- ii. Producción agrícola
- iii. Tratamiento y saneamiento de aguas
- iv. Diagnóstico de enfermedades
- v. Sistemas de entregas de drogas
- vi. Procesamiento y almacenamiento de alimentos
- vii. Purificación del aire contaminado
- viii. Construcción
- ix. Control de la salud
- x. Control y detección de plagas

En otro estudio (Kostoff, 2008), se realizó un análisis de la producción científica de Nanotecnología en el 2005 en las bases de datos *Science Citation Index* y *Social Science Citation Index*. A partir de algoritmos se clasificó la producción relacionada con aplicaciones en dos grandes categorías: Aplicaciones Médicas<sup>15</sup> y No Médicas<sup>16</sup>.

Asimismo, en la literatura se presenta la tendencia de asignación de nuevos nombres a disciplinas ya conocidas que agregan el prefijo “nano” a su campo de estudio, para así identificar a las líneas tradicionales que estudian los fenómenos y aplicaciones en la nanoescala. Tal es el caso de la nanoelectrónica, considerada como el futuro de la microelectrónica, que no sólo permitirá seguir aumentando la miniaturización de las distintas partes de los instrumentos electrónicos, sino que también proporcionará nuevos avances a partir de las propiedades particulares que surgen en la nanoescala. Otro caso es el de la nanobiotecnología, que es un nuevo término para considerar las intersecciones y convergencias entre la biotecnología y la Nanotecnología. En este caso, se estudian las propiedades de sistemas vivos a escala nanométrica con el fin de replicar algunos de sus comportamientos, y recíprocamente, se utilizan nuevos instrumentos y técnicas para estudiar los sistemas vivos en esa pequeña escala (Lowe CR, 2000). Además, se encuentra el caso de la nanomedicina, que tal como se evidencia por su nombre, abarca todas las aplicaciones de la Nanotecnología en medicina. Su surgimiento se vio motivado por las primeras visiones evocadas por Drexler, más de ciencia ficción que de realidad, sobre la posibilidad de crear nanorobots a introducir en el cuerpo humano para reparar células a nivel molecular. Lejos de estos sueños, hoy en día la disciplina se encarga de estudiar materiales y dispositivos para beneficiar sustancialmente la investigación y práctica en medicina (Freitas, 2005). Incluso hay revistas

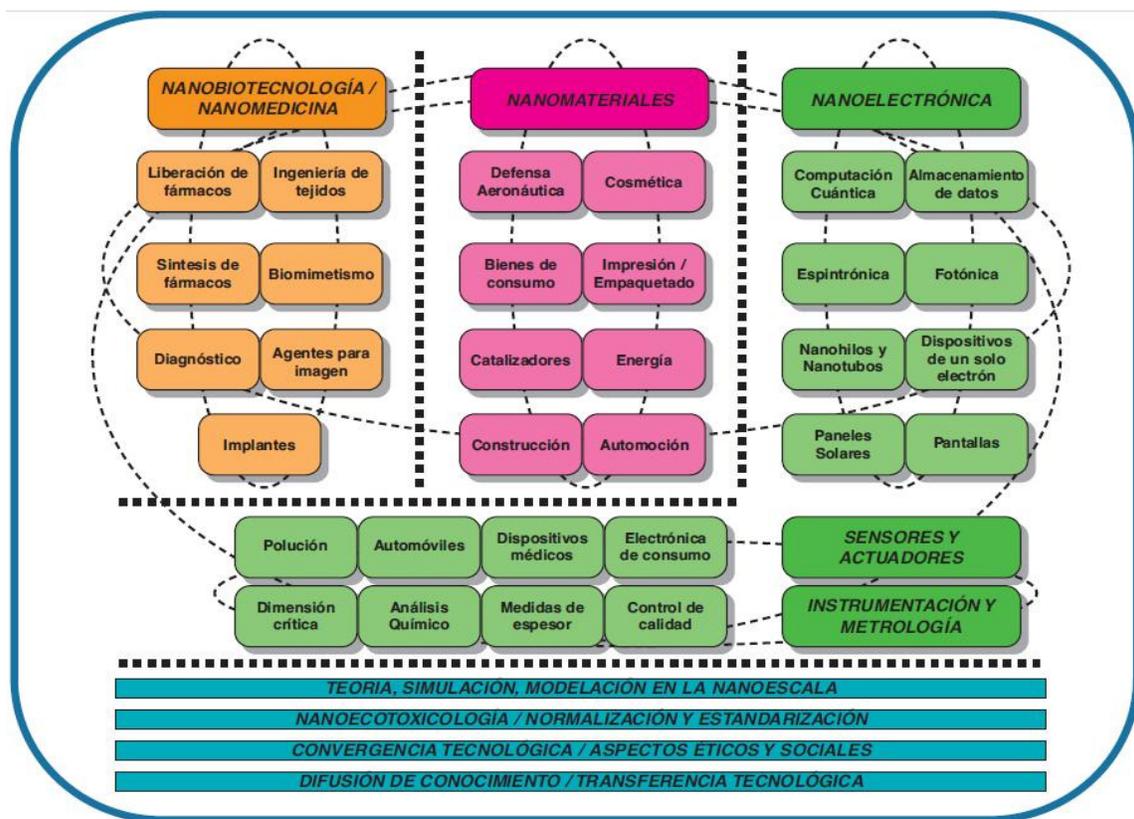
---

<sup>15</sup>Que incluye a: Microsistemas, Electroquímica, Litografía, Catálisis, Dispositivos, Optoelectrónica, Sensores, Sistemas de control, tribología.

<sup>16</sup> Que incluye a: Estructuras, Fenómenos, Instrumentación y Materiales.

científicas especializadas en el tema, como *Nanomedicine*<sup>17</sup>, donde periódicamente se publican artículos sobre los progresos en la temática. Otro caso es el de nanomateriales, que alude al campo de las ciencias de los materiales que se aboca al estudio de sus propiedades en la nanoescala.

En síntesis, si bien se han mencionado tan sólo una selección de artículos que declaran las posibles aplicaciones, de los mismos evidentemente se desprende que hay una gran cantidad y variedad de alternativas en donde se podría utilizar la Nanotecnología. En el estudio español de la fundación Phantoms (Phantoms Foundation, 2008) reconocieron esta dificultad de poder categorizar todos los posibles campos de aplicación, que se acrecientan a medida que se realizan más avances en el campo, y por tal motivo, optaron por exponer visualmente algunas de las áreas económicas o industriales junto con áreas de investigación y desarrollo de Nanotecnología a fin de concebir este dinámico campo, tal como se muestra en la Figura 3.2.



**Figura 3.2:** Obtenido de (Phantoms Foundation, 2008).

### c. Estudios de mercado y cadena de valor

<sup>17</sup>*Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*. <http://www.nanomedjournal.com/> Consultado el 12-06-2010.

Otra forma de argumentar la importancia económica de la Nanotecnología suele ser en base a los estudios de mercado existentes que intentan estimar la magnitud de los mismos en distintas industrias. Estos valores suelen variar considerablemente, pues los criterios para definir la Nanotecnología, los objetivos de los estudios y la metodología para la recolección y posterior análisis de la información son generalmente diferentes. De todas formas, las estimaciones encontradas en la literatura, que se pueden observar en la Tabla 3.2, coinciden en que la Nanotecnología tendrá un brillante futuro en cuanto a su potencial comercial. Si bien esto parecería indicar un futuro promisorio para el campo, la forma de calcular los tamaños de los mercados está lejos de ser un dato confiable. Esto ya fue señalado en un artículo de opinión<sup>18</sup> en donde se destaca que los cálculos se obtienen al sumar el valor total de los productos que usarían Nanotecnología. Es decir, si un producto de 100\$ usa un componente nanotecnológico que vale 5\$, el valor que se contabiliza en los estudios es 100\$, por lo tanto, los números suelen estar sobre estimados.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Lux Research (2006, 2008)</b>	\$ 30		\$ 147							\$ 2.600	\$ 3.100
<b>BCC (2008)</b>			\$ 12	\$ 13			\$ 27				
<b>Científica (2008)</b>				\$ 167							
<b>RNCOS (2006)</b>						\$ 1.000					
<b>Wintergreen (2004)</b>											\$ 750
<b>MRI (2002)</b>	\$ 66					\$ 148					
<b>Evolution Capital (2001)</b>	\$ 105					\$ 700					
<b>NSF (2001)</b>	\$ 54										\$ 1.000

**Tabla 3.2:** Predicción del tamaño global del mercado para productos con Nanotecnología en billones de dólares. Elaboración propia en base a (Palmberg, Dernis, & Miguet, 2009).

A pesar de las deficiencias en la cuantificación de los tamaños del mercado, cabe destacar el esquema de cadena de valor propuesto por la consultora Lux Research<sup>19</sup>. En el mismo, se separan los posibles desarrollos en cuatro grandes cadenas, que se pueden aplicar independientemente del sector industrial en el que se esté utilizando la Nanotecnología. Según este esquema, ilustrado en la Figura 3.3, la primer parte de la cadena está compuesta por las nano materias primas, que son estructuras a escala nanométrica sin procesar, como nanopartículas, nanotubos, puntos cuánticos, dendrímeros o materiales nano porosos. Luego, el segundo eslabón de la cadena está compuesto por nanointermediarios, 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. El tercer eslabón de la cadena corresponde a los productos finales o terminados que incorporan Nanotecnología en su diseño, como autos, vestimenta, aviones, computadoras, otros dispositivos electrónicos, alimentos procesados, productos farmacéuticos o

<sup>18</sup><http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1792.php> Consultado el 08-09-2010

<sup>19</sup><http://www.luxresearchinc.com/pxn.php> Consultado el 15-06-2010.

contenedores de plástico. Por último, el esquema considera que las nanoherramientas son un elemento común a los tres eslabones, pues en el desarrollo de cada una de ellos es necesario el uso de equipos y software especializado para manipular, modelar y visualizar la materia a escala nanométrica, como los microscopios de fuerza atómica, nano manipuladores o equipamiento de nanolitografía. Este esquema teórico no ha sido solamente útil para los estudios de mercado, sino también para los estudios sobre la aplicación de las patentes en Nanotecnología.



**Figura 3.3:** Esquema general de la cadena de valor propuesto por Lux Research.

#### **d. Tecnologías de propósito general**

Por otro lado, la importancia económica asignada a la Nanotecnología se debe a que en muchos estudios (Palmberg *et al*, 2009; Shea, 2005) se la considera como una posible Tecnología de Propósito General (TPG). En la literatura se resalta la importancia de las mismas por su capacidad de producir un aumento de la productividad y fomentar el crecimiento económico (Helpman, 1998), específicamente se considera que una tecnología es una TPG si se caracterizan por ser:

1. Aplicable en varios sectores industriales.
2. Una tecnología que tiene el potencial de mejorar considerablemente en el tiempo, y por ende, los costos para sus usuarios finales se ven progresivamente reducidos.
3. Capaz de actuar como tecnología que permite la creación de otras nuevas tecnologías, en donde el avance y las innovaciones en estas últimas también genera nuevos desarrollos e innovaciones en la TPG, generando lo que en la literatura (Bresnahan & Trajtenberg, 1995) se denomina como innovaciones complementarias.

Entre los ejemplos de TPG se encuentra la electricidad, las telecomunicaciones (Jovanovic & Rousseau, 2003), y los semiconductores (Helpman & Trajtenberg, 1996), que cumplen con, aunque con distinta intensidad, los tres requisitos para ser TPG y que han tenido una influencia e importancia enorme en el desarrollo económicos de varios países.

Por este motivo, en el cual se asume que el impacto de las Nanotecnologías puede ser similar al que causó la introducción de la electricidad y de las TIC en los sistemas productivos, se ha vuelto un tema crucial para muchos gobiernos la implementación de políticas que fomenten su desarrollo, buscando que en un futuro se puedan recoger los frutos de las inversiones realizadas. Y pareciera que esta es la tendencia que siguen el conjunto de tecnologías englobadas dentro del término Nanotecnología, pues al estudiar de una forma más sistemática (Youtie *et al*, 2007) si cumplen o no las características de una TPG, los autores llegaron a la conclusión que, a pesar de ser una tecnología emergente de la cual aún no se tienen todos los indicadores e información sobre su impacto necesaria para evaluar cuantitativamente si es o no una TPG, la información cualitativa recolectada parecería sugerir que la Nanotecnología sí lo es, ya que se cumplirían los tres requisitos debido a que:

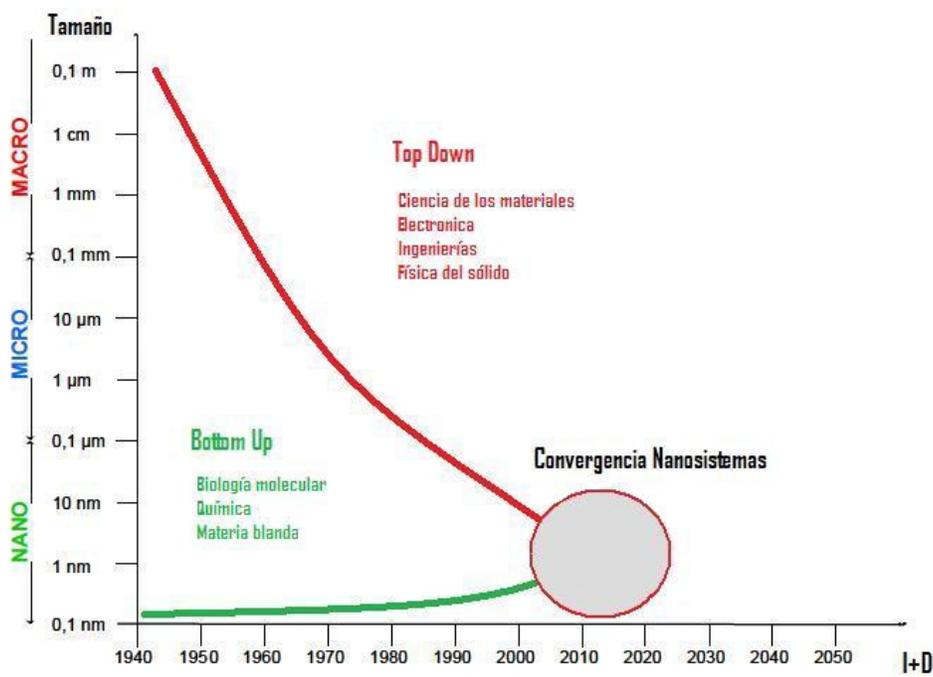
- Los comportamientos novedosos que ocurren en la escala nanométrica junto con las formas de manipular y diseñar la materia en esta escala puede ser la base para aplicaciones que penetren en varios sectores.
- El concepto de la cadena de valor introducido por la consultora Lux Research sugiere que las innovaciones producidas por la Nanotecnología crearán múltiples otras, en las distintas partes de la cadena.
- En cuanto a la capacidad de mejora en el tiempo, se argumenta que los avances nanotecnológicos permitirán reducir los tamaños de piezas, productos y dispositivos existentes, reducir los precios y al mismo tiempo, aumentar su complejidad. Por ejemplo, la industria microelectrónica (Arnold, 1995) está necesitando de nuevos avances tecnológicos, que posiblemente provengan de la Nanotecnología, para seguir aumentando la densidad de los circuitos electrónicos que permitan la mejora continua en las capacidades de procesamiento, tal como indica la famosa Ley de Moore.

### **3.3) Características de la Nanotecnología**

En los siguientes puntos se describe con mayor detalle algunas características y puntos de debate que aún se encuentran abiertos y que se detectaron en la literatura existente sobre Nanotecnología. Varias de estas “dimensiones” o “factores” se utilizaron para el análisis del caso argentino.

#### **a. Métodos *Top-Down* y *Bottom-Up***

La primera es la existencia de dos grandes métodos de producción de nanoestructuras (Soler Illia, 2009). Por un lado, existen los métodos denominados “de arriba hacia abajo” o *Top-Down*, que son aquellos que utilizan estructuras de mayores tamaños que los nanómetros, como micrómetros<sup>20</sup>, para llegar a partir de ellas a estructuras nanométricas. Esto se logra tras la realización de distintos procesos, un ejemplo sería el que se utiliza para la construcción de los microchips utilizados en electrónica, en donde por técnicas de litografía se dibujan patrones en materiales semiconductores para obtener circuitos integrados de 32nm de tamaño<sup>21</sup>. Por el otro lado, se encuentran los métodos de “abajo hacia arriba” o en inglés *Bottom-Up*, en los cuales a partir de procesos físicos y químicos, como la síntesis, se controlan y manipulan los átomos y moléculas para formar y hacer crecer nanoestructuras. En la Figura 3.4 se esquematiza como ambos métodos han evolucionado a lo largo del tiempo, los *Top-Down* alcanzando tamaños cada vez más chicos, y los *Bottom-Up*, llegando a formar estructuras un poco más grandes. Recién en los últimos años se está tendiendo a una zona en la que ambos métodos convergerán, y según Soler Illia, de esta forma se producirán avances y sinergias interesantes en la construcción de nanosistemas.



**Figura 3.4:** Evolución de los métodos *Top-Down* y *Bottom-Up*. Elaboración propia en base a (Soler Illia, 2009).

**b. Innovaciones incrementales y radicales**

<sup>20</sup> Un micrómetro o  $\mu$  es igual a 0,000001 m.  
<sup>21</sup> <http://www.intel.com/espanol/pressroom/releases/2007/0918.htm> Consultado el 10-09-2010.

En la literatura se ha resaltado la importancia de tener en cuenta la distinción entre innovaciones incrementales e innovaciones radicales (Romig *et al*, 2007) al momento de apoyar desarrollos en N&N. Las innovaciones incrementales son aquellas que surgen de las invenciones o mejoras sugeridas por los ingenieros, técnicos o tecnólogos en los procesos de producción, o por las iniciativas y propuestas de los mismos usuarios. En conjunto, son un factor importante que explican el crecimiento de productividad, sin embargo, si se las considera aisladamente, cada innovación incremental no tiene un efecto sustancial y muchas veces pasan desapercibidas. En cambio, las innovaciones radicales son aquellos eventos discontinuos que suelen surgir de investigaciones y desarrollos, creando un nuevo concepto o una nueva tecnología que no sigue tendencias existentes previamente (Freeman & Perez, 1988), por ejemplo como lo fue en su momento la introducción de la energía nuclear o la aparición de Internet. Este tipo de innovaciones es importante ya que enciende el motor de la creación y de la expansión de nuevos mercados, que a su vez incitan la inversión en los mismos, creando nuevos booms económicos, produciendo efectos apreciables en el área en el cual surgen. Por tal motivo, se ha señalado que es importante para el diseño de políticas públicas en Nanotecnología decidir el tipo de apoyo a realizar según de qué tipo de innovaciones se quieran fomentar. Aquellas radicales son las que más beneficios podrían reportar en el mediano a largo plazo, pero también son las que tal vez requerirían de mayores inversiones para su desarrollo. Mientras que las incrementales, no tanto, ya que se retroalimentan de los pasos dados previamente en las distintas líneas tecnológicas. Por ejemplo, en un estudio reciente (Meyer, 2007) se menciona que por el momento el cambio en los avances tecnológicos producidos y a producirse por la N&N vienen siendo más incrementales que radicales. *Ergo*, el tipo de innovación a fomentar es una dimensión a considerar para el área de las N&N.

### **c. El rol de los equipos y la nueva forma de inventar**

Otro punto importante a considerar es que la Nanotecnología es resultado de una nueva forma de inventar gracias a los avances en equipos de microscopía (Microscopios electrónicos de distinto tipo) que permiten ver y manipular objetos en la nanoescala. Este concepto de “nueva forma de inventar” fue acuñado por el economista Zvi Griliches (Griliches, 1957), al estudiar la introducción del maíz híbrido que fue una nueva forma de reproducción superior del maíz para localidades específicas. Recientemente, el concepto ha tomado gran importancia (Darby & Zucker, 2002) como un factor que explicaría los crecimientos superiores de productividad en empresas. Pues según la teoría, estas formas nuevas de inventar aumentan considerablemente las ganancias de las empresas que las aplican, y pueden ser identificadas si crean amplias oportunidades de apropiación tecnológicas en un gran número de productos. Esto ha ocurrido en aquellas empresas de biotecnología moderna que han sido precursoras en el dominio de las técnicas de ADN recombinante (Zucker & Darby, 2001). Y según los autores,

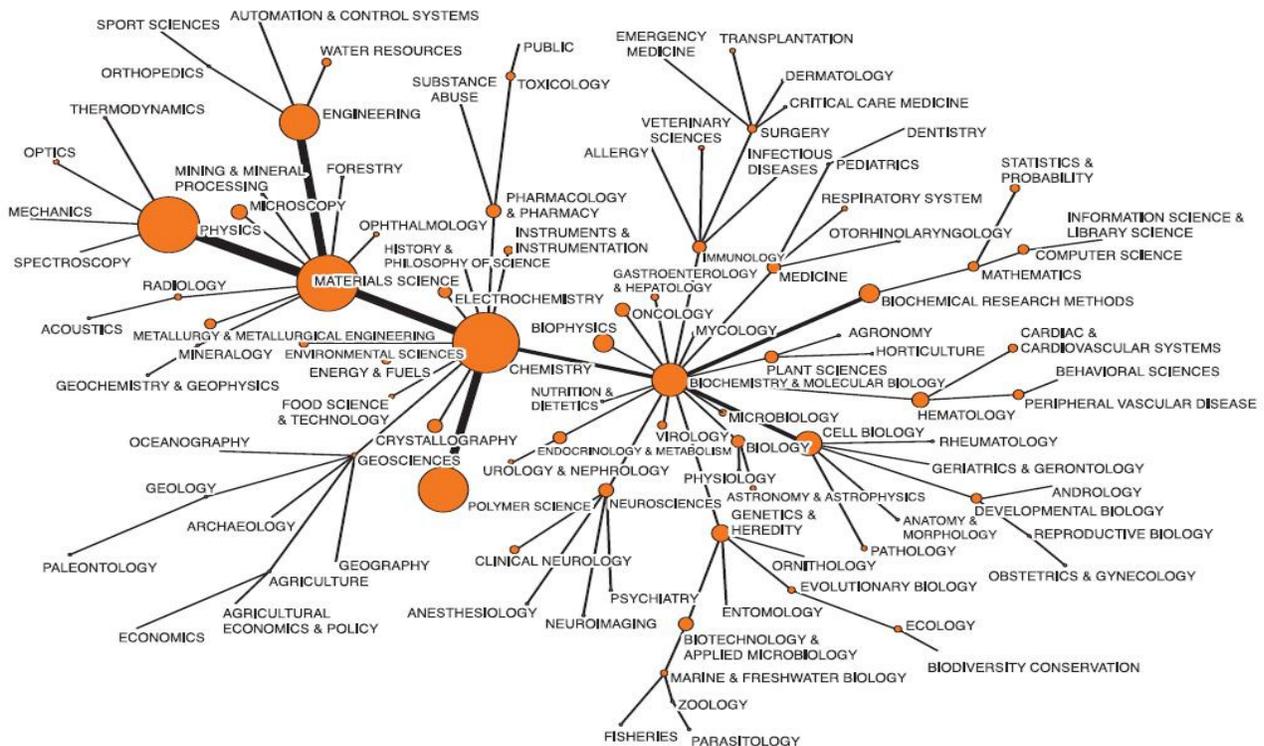
debido a la cantidad de publicaciones y patentes en diversas áreas y sectores industriales (ver Capítulo 4), también parecería ser el caso de la Nanotecnología. Los autores (Darby y Zucker, 2003), a pesar de que destacan que hay controversias con respecto a cuál es la invención que está posibilitando el desarrollo de la Nanotecnología, afirman que la invención del microscopio de efecto túnel en 1981 (Binnig & Rohrer, 1982) fue crucial, pues fue el primer equipo en permitirles a los científicos obtener imágenes y a su vez manipular los átomos en la superficie de materiales solamente metálicos a escala nanométrica. 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. Y por último, en un estudio (Meyer, 2007) también se mostró el rol primordial que juegan los instrumentos en conectar los distintos campos de investigación científica y tecnológica entre sí, cuestión que se aborda en el próximo punto.

#### **d. Interdisciplinariedad**

En la literatura algunos trabajos sostienen que las Nanociencias y Nanotecnologías son interdisciplinarias (Porter y Youtie, 2009a), ya que al analizar el patrón de cocitaciones de las publicaciones sobre Nanotecnología registrada en bases internacionales, se encontró que las N&N están íntimamente relacionadas con otras macrodisciplinas<sup>22</sup>. Por ejemplo, esto se puede observar con facilidad en la Figura 3.5 que muestra la red de disciplinas científicas en Nanotecnología. Esta red fue construida a partir de las co-citaciones para el total de artículos detectados sobre Nanotecnología encontrados en el *Science Citation Index (SCI)* en el 2007 (RICyT, 2008). La red cuenta de 106 disciplinas, donde el volumen de los nodos representa la cantidad de citas recibidas por cada disciplina y la intensidad de las uniones entre cada par de disciplinas las veces que ambas han sido citadas en conjunto. En la figura se distinguen rápidamente los nodos centrales en Química, Ciencias de los Materiales, Física, Ingeniería, Ciencias de los Polímeros y Bioquímica y Biología Molecular, junto con sus diversas ramificaciones, que muestra el cruce entre distintas disciplinas que tiene lugar en la Nanotecnología.

---

<sup>22</sup> Ordenadas según la magnitud de artículos encontrados en cada caso: Ciencias de los materiales, Química, Física, Ciencias Biomédicas, Ingenierías, Ciencias de la Computación, Medicina Clínica, Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente, Ciencias Agrícolas, Enfermedades Infecciosas, Geociencias, Ciencias Ecológicas, Ciencias Cognitivas, Salud y Administración & Negocios.



**Figura 3.5:** Red de disciplinas en Nanotecnología a nivel mundial en 2007. Obtenido de RICyT, 2008.

En otro trabajo (Porter y Youtie, 2009b), se destaca que la Nanotecnología utiliza conocimientos de muchas disciplinas, y sus investigadores no se encuentran restringidos, como en “silos” a moverse sólo por una línea definida de investigación, sino que integran, utilizan y extraen conocimientos de otros múltiples campos. Esta característica de la Nanotecnología tiene implicancias de políticas, pues sería conveniente fomentar la habilidad de los investigadores para reconocer y utilizar en sus investigaciones conocimientos de otras áreas. Para lograr esto, pueden existir muchas barreras, como la incapacidad de comprender el lenguaje en el cual se comunican las investigaciones en campos disciplinarios distintos o inclusive el desconocimiento sobre la localización de las investigaciones de otros campos disciplinares que pueden llegar a ser útiles. Por ende, los autores recomiendan fomentar un lenguaje sin acrónimos para presentar los descubrimientos fundamentales en cada disciplina, como así también capacitar a los investigadores en técnicas de búsqueda de información para adquirir los conocimientos de otras disciplinas a partir de consultas a las bases de datos de publicaciones especializadas, como el *Science Citation Index*, *INSPEC*, *Compendex* o *Chem Abstracts*.

#### e. Convergencia Tecnológica

Un grupo de científicos estadounidenses (Roco & Bainbridge, 2007) afirma que existe una convergencia tecnológica entre la biotecnología, las tecnologías de la información y comunicación y las neurociencias con la Nanotecnología. Los autores alegan que existe una sinergia entre los avances en las cuatro áreas que permitirán aumentar y desarrollar las capacidades humanas en el largo plazo. Este argumento, que fue por primera vez expuesto en el 2001, lo sostienen en base a la cantidad de disciplinas que participan en los avances de la Nanotecnología, y a su vez en los adelantos que muchas otras disciplinas están produciendo en biotecnología, neurociencia y TIC, y también está motivando políticas que fomenten la convergencia en países europeos, como en el caso de Alemania<sup>23</sup>.

Sin embargo, otro estudio (Meyer, 2007) desafía esta visión, argumentando con evidencia cuantitativa proposiciones que reflejan que aún es muy prematuro para hablar de una convergencia entre tecnologías. Esto se debe a que Meyer encontró que las N&N abarcan un conjunto de áreas y de disciplinas entre las cuáles se encontró que si hay fuertes vínculos en varias de ellas, pero también se encontraron tecnologías que no mantienen una estrecha relación entre sí, hecho que debilita el argumento de una convergencia disciplinar. Segundo, a partir de un análisis de las publicaciones citadas en las patentes de invención en Nanotecnología, Meyer remarca que la interacción entre N&N no es necesariamente estrecha en todas las tecnologías. Sólo en algunas áreas la conexión entre N&N es más intensa. Además, las mayores conexiones fueron encontradas entre ciencia que no es considerada N&N. Por lo tanto, para Meyer no es tan directa aún la idea de la Nanotecnología como la fuente de convergencia con las otras tres. De todas formas, si bien la hipótesis sobre la existencia de la convergencia no puede ser corroborada aún, no deja de ser un punto importante a considerar, pues si lo fuera, los avances en la Nanotecnología permitirían adelantos en áreas coledañas de gran impacto como lo son las TIC y la biotecnología.

#### **f. Cuestiones éticas**

La ética es la parte de la filosofía que trata de la moral y de las obligaciones del hombre, y en el caso particular de la ciencia y tecnología, se encarga de realizar una reflexión crítica sobre el accionar humano en estos campos (Mitcham, 2005). Los avances en las líneas de I+D y productos en base a N&N han iniciado nuevas discusiones éticas entorno a la dirección que llevan y que deberían llevar estas nuevas tecnologías. Los primeros en situar el tema en la agenda han sido varias ONG. Entre ellas se encuentra el *ETC Group*<sup>24</sup>, que fueron los primeros en proponer en 2002 una moratoria para todos los productos en base a Nanotecnología hasta que se comprobara científicamente que no son nocivos. En un informe reciente (ETC Group, 2010) han renovado el pedido de moratoria y han expuesto nuevamente sobre la mesa el tema central sobre las cuestiones

<sup>23</sup><http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=6569.php> Consultado el 13-09-2010.

<sup>24</sup><http://www.etcgroup.com/> Consultado el 13-09-2010.

éticas, y en particular sobre la preponderancia de las investigaciones en Nanotecnología con fines militares lideradas por EEUU. Otra ONG muy activa en proponer el control sobre los productos e investigaciones en base a Nanotecnología es Greenpeace, que si bien reconoce las aplicaciones positivas que se podrían realizar en pos de cuidar y remediar el ambiente, también piden una moratoria para la introducción de productos y materiales en la nanoescala hasta que se sepa con seguridad que no dañan el ambiente ni la salud humana (Johnston *et al*, 2007). Las discusiones a su vez están reflejadas en artículos en revistas de investigación, e incluso ya se ha creado una revista específica para tratar temas de ética en Nanotecnología, *Nanoethics: Ethics for Technologies that converge at the nanoscale*<sup>25</sup>, disciplina a la que se la ha bautizado como nanoética.

Varios de los argumentos utilizados en los debates caen dentro de las discusiones éticas referentes a nuevas y emergentes ciencias y tecnologías (Swierstra & Rip, 2007), como por ejemplo los argumentos “consecuencialistas”, en los que la moralidad de una acción depende de sus consecuencias. En este sentido, se encuentran dos argumentos en polos opuestos, por un lado aquel que considera a las tecnologías esencialmente beneficiosas en todo sentido para la humanidad, mientras que por el otro lado, otro argumento que sostiene que son inherentemente riesgosas y perjudiciales. Estos argumentos generales se repitieron en otras nuevas y emergentes tecnologías, como ocurrió en su momento y aún actualmente con la biotecnología y los organismos genéticamente modificados<sup>26</sup>, pero la Nanotecnología suma nuevos debates que están conectados con el carácter particular de la misma, en el cual cada nuevo avance puede llegar a derivar tanto en nuevos e inesperados beneficiosos como en potenciales problemas que se están estudiando en conjunto con los argumentos ya conocidos.

Por último, a nivel latinoamericano en un seminario que tuvo lugar en San Pablo, Brasil, se empezó a debatir sobre la dimensión ética de la nanotecnología y en el encuentro hubo autores que criticaron las posturas extremistas, ya sea totalmente a favor o en contra, de los desarrollos en Nanotecnología, abogando en cambio por un análisis caso a caso de los proyectos de investigación y aplicaciones según las posibles áreas industriales de utilidad (Martins, 2006), y que además se contemple en el análisis el accionar de las redes de poder existentes detrás de los mismos.

#### **g. Regulaciones**

Otro de los puntos que se suele tener en cuenta durante el surgimiento de nuevas tecnologías, son las formas en que las mismas van a ser reguladas. Esto no es algo menor, ya que el esquema de regulación utilizado puede ser un factor que promueve y posibilite los desarrollos, o un severo limitante a las potencialidades de las tecnologías emergentes. En el caso de las

---

<sup>25</sup> Revista Nanoethics <http://www.springerlink.com/content/1871-4757> Consultado el 13-09-2010.

<sup>26</sup> Algunos ejemplos son <http://www.saynotogmos.org/> o el artículo en SciELO [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S1726-569X2001000200008&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S1726-569X2001000200008&script=sci_arttext&tlng=en) Consultado el 13-09-2010.

Nanotecnologías, en la actualidad no existe un consenso para su abordaje, y para muchos existe un vacío legal que no guía la I+D ni a la comercialización de Nanotecnologías (Bennett, 2004). Si bien se han realizado y se continuarán realizando debates en cuanto a los posibles riesgos y sus formas de regularlos, todavía no se han acordado nuevas regulaciones que contemplen características únicas de la Nanotecnología que no son tenidas en cuenta en las legislaciones y regulaciones preexistentes (Bowman & Hodge, 2007). Por tal motivo, los avances en temas de regulación serán un factor importante a considerar, pues la discusión sobre la introducción de marcos legales y regulaciones a nivel internacional (Marchant & Sylvester, 2006) aún está abierta, y sin duda, influenciará la forma en la que se guíen las investigaciones, desarrollos y comercializaciones de las Nanotecnologías.

#### **h. Estándares**

Para incentivar la comercialización de productos nanotecnológicos, la introducción de estándares se menciona como un punto crucial (Rashba & Gamota, 2003). Históricamente, los estándares han servido para facilitar la interoperabilidad entre los productos que utilizan un dado conjunto de tecnologías, de forma tal de crear orden en los mercados que atañen a los mismos, para simplificar la producción y para asegurar la calidad y seguridad de los productos. En los últimos años, y en particular con las revoluciones en las tecnologías de las comunicaciones, surgió la necesidad de crear estándares anticipatorios, es decir aquellos que, a diferencia con los estándares previos, son precesores a la introducción de los nuevos productos en el mercado. Por esta razón, se los considera como una herramienta competitiva en los mercados globales, pues anticipan la necesidad de contar con y de crear: nuevas herramientas, procesos, componentes y productos para desarrollar un nuevo campo tecnológico emergente. Se avizora que tal es el caso de la Nanotecnología, y que por ende, la creación de estándares puede jugar un rol importante en la creación y desarrollo de mercados.

#### **i. Algunas barreras para la introducción al mercado**

Si bien los pronósticos sobre el potencial de mercado de la Nanotecnología suelen ser optimistas, existen varias barreras mencionadas en la literatura que dificultarán la introducción de estas aplicaciones en el mercado. Entre ellas, se destacan las siguientes:

- La falla en el mercado de capitales causada por la asimetría de información entre los que conocen sobre los avances científicos y técnicos, (con probabilidades de llevarlo a un nuevo producto o proceso en el mercado), con respecto a los inversores privados capaces de apoyar nuevos emprendimientos en el área.

- Los conocimientos específicos necesarios en el uso de instrumentos como los microscopios electrónicos, donde no sólo están las barreras tradicionales impuestas por los derechos de propiedad industrial, sino que también se destaca en la literatura el papel crucial que juegan las barreras de conocimiento tácito<sup>27</sup> que sólo un grupo de científicos poseen. Por tal motivo, los autores (Darby y Zucker, 2003) destacan que las empresas en Nanotecnología en Estados Unidos suelen instalarse cerca de los centros de las universidades o centros de investigación, donde trabajan los científicos estrella que dominan el conocimiento de la disciplina y que puede ser aplicado en nuevos productos o procesos. Esta tendencia es similar a la encontrada previamente por los autores en biotecnología, en donde los científicos estrella que dominan el uso de los instrumentos y de las técnicas de ADN recombinante participaron en la creación de las primeras empresas en el área (Zucker *et al*, 1988).
- La dificultad que tienen las empresas para adquirir los equipos e instrumentos necesarios para trabajar y producir en la nanoescala(Bozeman *et al*, 2008).
- La dificultad de difundir las aplicaciones de la nanotecnología en pequeñas y medianas empresas, que ya son señaladas como un actor clave por donde la Nanotecnología llegará al mercado (Científica, 2003).

---

<sup>27</sup> El concepto de conocimiento tácito fue introducido por Michael Polanyi en su libro *La Dimensión Tácita*, en donde parte del principio de que siempre conocemos más de lo que podemos comunicar, y por lo tanto, el conocimiento tácito engloba a los conocimientos personales que no son de fácil transmisión oral o escrita, como por ejemplo la forma de practicar un deporte o de utilizar un instrumento musical.

## **Capítulo 4: Tendencias a nivel mundial e Instrumentos de Política de Nanotecnología**

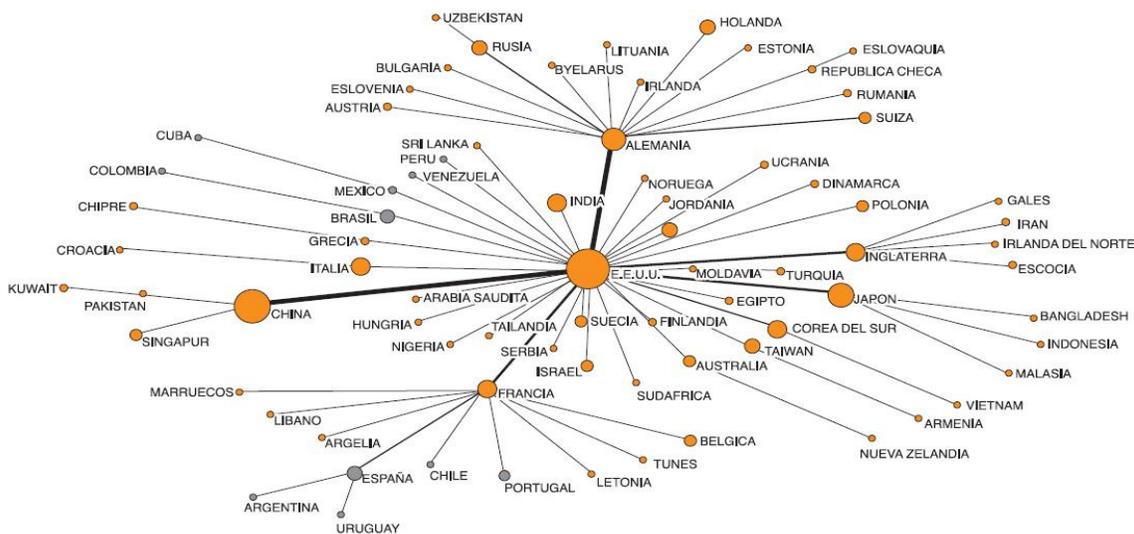
En este capítulo se estudian las tendencias en Nanotecnología a nivel mundial, para ello, en la sección 4.1 se describen las orientaciones recientes medidas a partir de indicadores de resultados obtenidos de los respectivos sistemas científicos y tecnológicos de distintos países y de las inversiones realizadas en Nanotecnología, mientras que en la sección 4.2 se exponen los resultados del estudio realizado sobre los instrumentos e iniciativas de política sobre N&N del conjunto de 21 países seleccionados.

### **4.1) Tendencias a nivel mundial**

#### **a. Publicaciones y patentes**

Para analizar los desarrollos en diversas disciplinas se suele estudiar a las publicaciones científicas a partir de la construcción de distintas clases de indicadores y la ciencia que sistematiza este tipo de estudios, que buscan cuantificar y medir la producción científica, se denomina bibliometría (Okubo, 1997). En particular, para el caso de la Nanotecnología ya se han creado algoritmos de búsqueda en las bases de datos internacionales de publicaciones, como el *Science Citation Index (SCI)*, con el fin de identificar aquellas publicaciones relacionados con el tema (Porter *et al*, 2008). El algoritmo propuesto por Porter se utilizó en un reciente estudio publicado por la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT, 2008) con el fin de medir la producción científica en Nanotecnología en Iberoamérica y a nivel internacional. Por ejemplo, en la Figura 4.1 se muestra un diagrama de red obtenido de dicha publicación que representa la cantidad de artículos por país, junto con las principales relaciones entre cada uno de ellos obtenido a partir de la firma conjunta. El ancho de cada círculo es representativo de la cantidad total de publicaciones de cada país en Nanotecnología. Este tipo de esquema es muy interesante, pues, *a prima facie*, aporta gran cantidad de información sobre el desenvolvimiento de los conocimientos en N&N a nivel mundial, como el rol central que ocupa los Estados Unidos en el gráfico, no sólo como el país con mayor cantidad de artículos, sino también como el país con mayor cantidad de vínculos con otros. Cabe aclarar que se utilizó un algoritmo de poda en la elaboración del gráfico, el cual sólo muestra las relaciones más relevantes dejando la estructura básica de la red visible. Evidentemente, las investigaciones a nivel mundial giran en torno a los desarrollos del país del norte. Además, en el informe

de la RICyT se menciona que Estados Unidos es el país con mayor cantidad de publicaciones, abarcando el 27% del total encontrado en el período 2000-2007. En segundo lugar se encuentra China, que tuvo un crecimiento muy superior en la cantidad de artículos al resto de los países. En tercer y cuarto lugar se encuentran Japón y Alemania, con un número similar de artículos, y en quinto lugar, Francia. Si bien Francia y Alemania se encuentran en cuarto y quinto lugar respectivamente, estos dos países tienen mayor cantidad de colaboraciones con otros países en sus desarrollos que los que tienen China y Japón. En cuanto a los países de Iberoamérica, España lidera en cantidad de publicaciones, seguido por Brasil, que tiene un poco más de la mitad de la cantidad de publicaciones que tiene España. En tercer, cuarto y quinto lugar se encuentran México, Portugal y Argentina. En el período 2000-2007, la suma de la producción de estos tres países supera ligeramente a la cantidad acumulada por Brasil.

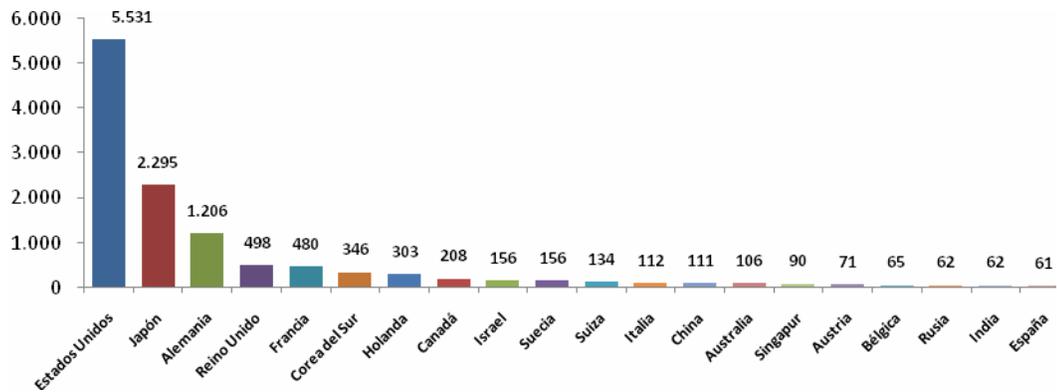


**Figura 4.1:** Red de países con producción científica en Nanotecnología en 2007, obtenido de (RICyT, 2008).

Mientras las publicaciones científicas suelen reflejar los avances en la generación de conocimientos más bien básicos, las patentes suelen utilizarse como proxy para medir los desarrollos e innovaciones tecnológicas (Griliches, 1990). Por tal motivo, su medición cobra importancia en el caso de la Nanotecnología, pues las patentes permitirían medir las posibles aplicaciones que se están desarrollando. Para contabilizarlas se consideró la cantidad de ellas solicitadas a través del Tratado de Cooperación en materia de Patentes<sup>28</sup> (*Patent Cooperation Treaty* o PCT).

<sup>28</sup> La ley se puede acceder desde la página de la OMPI <http://www.wipo.int/pct/es/texts/articles/atoc.htm> Consultada 03-10-2010. Este convenio permite realizar una única solicitud internacional en una sola de las oficinas de patentes de los países miembros, simplificando el trámite de solicitud considerablemente. La decisión sobre la concesión de la patente depende de cada una de las oficinas nacionales o regionales. El trámite para la obtención de

En la Figura 4.2 se muestra la distribución a nivel mundial de los países con mayor cantidad de patentes PCT solicitadas en Nanotecnología y obtenidas a partir de una consulta al sitio de estadísticas de la



OECD.

**Figura 4.2:** Primeros 20 países con más patentes solicitadas a través del tratado PCT en el período 1999-2007. Elaboración propia en base a datos obtenidos de la consulta en <http://stats.oecd.org/> el 11/06/2010.

Al analizar la figura se observa que en el período de 9 años considerado Estados Unidos lidera en cantidad de solicitudes. Japón, Alemania y Francia figuran entre los primeros 5 países, agregándose el Reino Unido en el cuarto lugar. A diferencia del caso de las publicaciones, China no ha solicitado una gran cantidad de patentes PCT, encontrándose en el decimotercer puesto del ranking. Esto podría deberse a una debilidad del país asiático en transferir los conocimientos básicos que se están generando en los laboratorios y universidades. En cuanto a los países de Latinoamérica, se encuentran muy por detrás de los líderes en cuanto a cantidad de patentes PCT solicitadas, dado que en orden decreciente, Brasil cuenta con 22 solicitudes, México con 5, Chile con 2 y Argentina con 1, sumas insignificantes en comparación con los primeros países en el ranking.

De otros informes, que también analizaron la solicitud de patentes PCT a nivel mundial, se pueden obtener datos de interesantes tendencias. Uno de ellos es el documento ya citado de la RICyT sobre Nanotecnología (RICyT, 2008) en donde se publicó la lista de los primeros 10 titulares con mayor cantidad de patentes solicitadas a través del convenio PCT en el período 2000-2007. De estos 10, 7 son empresas (890 de Bayer<sup>29</sup>, 556 de Philips<sup>30</sup>, 517 de 3M<sup>31</sup>, 413 de Genentech<sup>32</sup>, 366 de Millenium Pharma<sup>33</sup>, 363 de Human Genome Sciences<sup>34</sup> y 337 de Isis Pharma<sup>35</sup>), 2 son universidades (1.157 de University of California<sup>36</sup> y

patentes PCT suelen ser de alto costo, lo cual implica que gran parte de los inventos patentados por este medio poseen un potencial económico o estratégico importante para el solicitante, que asume los gastos de la obtención del derecho de propiedad industrial.

<sup>29</sup><http://www.bayer.com/> Consultada 03-10-2010.

<sup>30</sup><http://www.philips.com/> Consultada 03-10-2010.

<sup>31</sup><http://www.3m.com/> Consultada 03-10-2010.

<sup>32</sup><http://www.gene.com/> Consultada 03-10-2010.

<sup>33</sup><http://www.mlnm.com/> Consultada 03-10-2010.

<sup>34</sup><http://www.hgsi.com/> Consultada 03-10-2010.

492 del MIT<sup>37</sup>), y uno es un laboratorio de investigación Francés (368 del CAE-Leti<sup>38</sup>). De forma general, en otro estudio realizado por la OECD se calculó la distribución total por tipo de solicitantes, y se encontró que el 61% de las patentes han sido solicitadas por empresas, el 20% por universidades, 9% por individuos, el 7% por el gobierno y el 3% restante por entidades sin fines de lucro (Palmberg *et al*, 2009). También, se clasificaron las patentes solicitadas entre 1995 y el 2005 según subáreas de aplicación o uso, obteniéndose la siguiente distribución: el 38% de las solicitudes fueron en el área de nanomateriales, el 25% en nanoelectrónica, sólo un 13% en nanobiotecnología, 11% en nanoóptica, 9% en instrumentación y el resto en nanomagnetismo. Los autores destacan que el mayor crecimiento en la cantidad de patentes solicitadas se dio en el sector de nanoelectrónica, y remarcan que para su sorpresa, el crecimiento en nanobiotecnología ha sido más bien modesto para el potencial que parecería tener el área.

#### **b. Inversiones a nivel internacional**

En cuanto a las inversiones en Nanotecnología a nivel internacional, existen diversas fuentes que estiman el esfuerzo realizado por país. Los estudios suelen ser autoría de consultoras privadas, entre ellas Lux Research<sup>39</sup> y Científica<sup>40</sup>, que realizan informes periódicos sobre las inversiones en Nanotecnología. También hay disponibles informes públicos, aunque los datos no siempre son recientes, como por ejemplo el estudio realizado por la Comisión Europea (European Commission, 2005), que se enfocó en las inversiones realizadas por el sector público en un conjunto de 41 países. En la Figura 4.3 se muestran los datos obtenidos de este último informe, donde se puede observar que entre los primeros 7 países que más dinero han invertido se encuentran los 5 primeros en cantidad de artículos científicos detectados como así también los que más patentes PCT han solicitado. Estados Unidos es, por lejos, el país que más invirtió, superando en un 65% aproximadamente a la cantidad invertida por el segundo, Japón. Además, entre los primeros 10 países, se encuentran 6 Europeos, con Alemania liderando la inversión, y 3 países asiáticos. En cuanto a los países de América Central y del Sur, sólo figuran México, Brasil y Argentina, en ese orden, y con montos de inversión muy inferiores al resto de los países en los primeros 10 puestos.

---

<sup>35</sup><http://www.isis-pharma.com/> Consultada 03-10-2010.

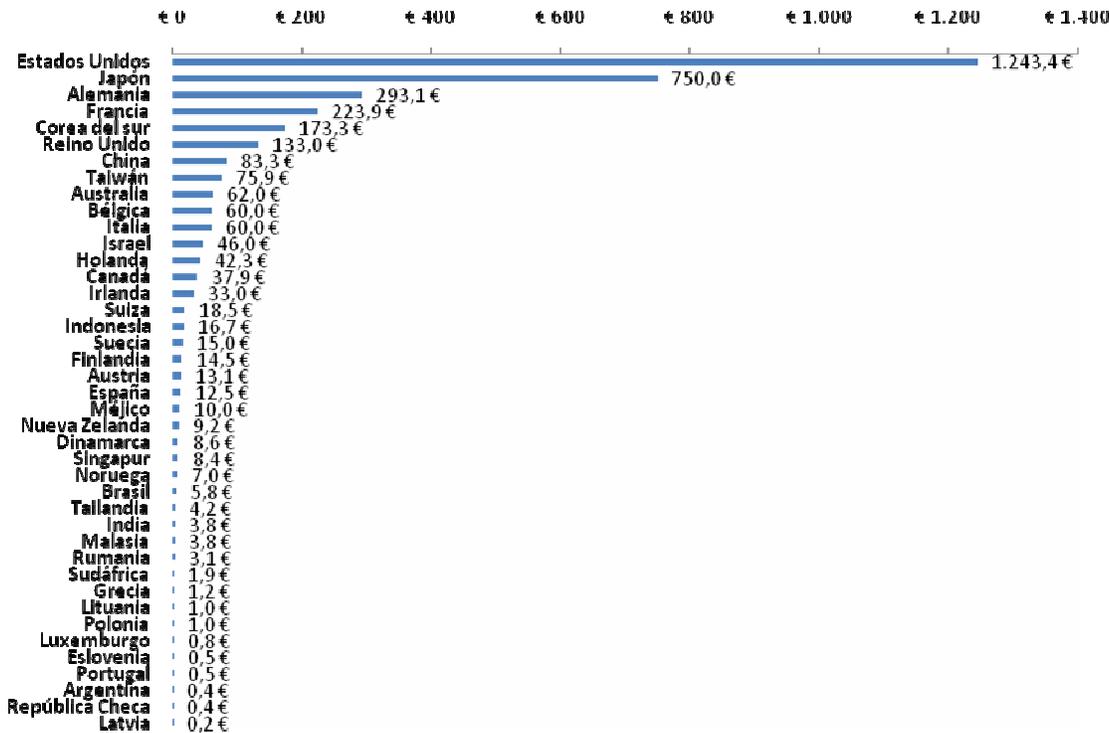
<sup>36</sup><http://www.ucla.edu/> Consultada 03-10-2010.

<sup>37</sup><http://web.mit.edu/> Consultada 03-10-2010.

<sup>38</sup><http://www-leti.cea.fr/> Consultada 03-10-2010.

<sup>39</sup><http://www.luxresearch.com/> Consultada 03-10-2010.

<sup>40</sup><http://www.cientifica.eu/> Consultada 03-10-2010.



**Figura 4.3:** Inversión en Nanotecnología por el sector público, en millones de euros en el año 2004. Obtenido de European Commission, 2005.

Del resumen de la cuarta versión del informe de Lux Research sobre Nanotecnología se desprenden los siguientes datos interesantes(Lux Research, 2006):

- En el 2005 el sector público a nivel mundial invirtió 4.6 miles de millones de dólares en el 2005, con el 36% de Norteamérica (casi todo de Estados Unidos), 36% de Asia (dominada la inversión por Japón), 26% de Europa (liderando la inversión Alemania) y sólo 100 millones de dólares para el resto de los países.
- El sector privado realizó casi la misma inversión que el sector público, 4,5 miles de millones de dólares, creciendo un 18% con respecto a las estimaciones previamente realizadas por la consultora para el 2004. En este caso, el 42% de las inversiones se realizaron en Norteamérica, el 38% en Asia, el 19% en Europa y el 2% restante en otros países.
- Con respecto a las inversiones de capital emprendedor, se afirma que en el 2005 se han realizado financiamientos por 497 millones de dólares, y que hasta la fecha del informe se acumulan inversiones por 2 mil millones de dólares. También remarcan que el 40% de las inversiones entre el 2004 y 2005 fueron en electrónica y tecnologías de la

información, seguido cercanamente por las inversiones en ciencias de la vida, y por último, pero distantemente, se encontraron las inversiones en materiales e instrumentación.

## 4.2) Instrumentos de Política

En esta sección se describen los resultados del estudio realizado en 21 países sobre Instrumentos de Política (IP) de N&N, y en la siguiente Tabla 4.1 se ordenan los resultados del inventario y se muestran los distintos tipos de instrumentos detectados.

	Redes			Centros Nacionales	Políticas explícitas					Sistemas de información	Plataformas Tecnológicas	Alianzas empresariales	Clusters
	1	2	3		4	5	6	7	8				
EEUU													
Alemania													
Reino Unido													
España													
Corea del Sur													
Israel													
Japón													
China													
Finlandia													
Taiwán													
Italia													
Australia													
Francia													
México													
Argentina													
India													
Canadá													
Brasil													
Rusia													
Sudáfrica													
Singapur													

**Tabla 4.1:** Elaboración propia en base a los instrumentos e iniciativas de política relevados por país y por tipo de instrumento<sup>41</sup>.

A continuación se realizará una descripción general de cada uno de los tipos de instrumentos, ordenados según la cantidad de veces que fueron divisados, y luego, se mencionará, a modo de ejemplo, las características más destacables en alguno de los países que los han implementado, mientras que los IP de Argentina se tratarán con mayor detalle en el próximo capítulo.

### 1. Redes:

Del inventario se deriva que el foco de las intervenciones específicas de políticas públicas en el campo de las N&N se ha dado principalmente a través de la creación formal<sup>42</sup> de redes<sup>43</sup> de conocimiento, cuya instauración ha sido iniciativa tanto de los

<sup>41</sup> Los números en la Tabla 4.1 aluden a los distintos tipos de instrumentos relevados: 1: Redes de investigación. 2: Redes conformadas por alianzas público-privadas. 2: Otras redes. 4: Iniciativas o planes nacionales. 5: Iniciativas o planes provinciales/ estatales. 6: Nanotecnología como prioridad en los planes de CTI. 7: Estrategia. 8: Fundación y/o Corporación.

<sup>42</sup> Hace alusión a redes que han sido oficializadas o institucionalizadas, ya que se reconoce también la existencia de redes informales de contactos que los grupos de investigación mantienen y utilizan para la realización de sus proyectos. En todo este punto sólo se consideraron las redes formales, es decir aquellas que pueden ser detectadas a partir de documentos oficiales, programas o iniciativas de políticas, páginas web, proyectos, etc.

hacedores de política como de los científicos o empresarios involucrados en las mismas. Se han detectado distintos tipos de redes que se pueden diferenciar a partir de la clase de actores que las integran junto con el problema a resolver u objetivo de la red. Seguidamente se describen las categorías detectadas junto con algunos ejemplos:

i) Redes de investigación públicas:

En este caso las redes están conformadas por grupos, centros e institutos de investigación, ya sea de un sólo país o de varios, con el fin de trabajar en conjunto en una temática dada o en un proyecto, donde siempre el fin principal es realizar investigaciones que permitan avanzar el conocimiento científico o tecnológico en el área de especialidad de la red. La coordinación del trabajo mediante la estructura de red les permite a los actores intercambiar conocimientos e información, lo cual es imprescindible dada la característica interdisciplinariedad inherente a las N&N. Además, la red les permite a los actores compartir equipos e instrumentos necesarios para el trabajo en la nanoescala.

Existen varios ejemplos de este tipo de red. Uno de ellos es Estados Unidos que cuenta con la red *Nacional Nanotechnology Infrastructure Network* conformada por las 14 *facilities*<sup>44</sup> más importantes del país<sup>45</sup>, junto con una red de Nanotecnología computacional<sup>46</sup> que permite realizar simulaciones online con más de 160 herramientas para aprender y realizar investigaciones con otros usuarios miembros del sitio. Otro ejemplo de este tipo de red es la que ha sido creada en Japón<sup>47</sup> por el *Proyecto de Apoyo a las Nanotecnologías*. En este caso se promueve el uso común de equipos, instrumentos e infraestructura entre 14 universidades y centros de investigación. También se encuentra la *Red Nacional en Nanociencias y Nanotecnologías*<sup>48</sup> (R3N) en Francia, que aglutina a todos los investigadores del país, igual que en Australia, donde se halla la *Red de Investigación en Nanotecnología*. Siguiendo la misma estrategia, recientemente Rusia propuso la creación de una *Red Nacional de*

---

<sup>43</sup> En la literatura el concepto de red tienen múltiples acepciones (RICyT, 2006), de las cuál se toma la interpretación sistémica en la cual la red es vista como una estructura compleja o sistema configurada por una heterogeneidad de actores, que se encuentran enlazados por flujos de información y conocimiento con el fin de solucionar problemas específicos.

<sup>44</sup> En el caso de la Nanotecnología, cuando se menciona una *facility* se hace referencia a un complejo o centro de investigación que cuenta con equipos e instrumentos avanzadas para el trabajo en la nanoescala, sin olvidar la infraestructura necesaria para un correcto uso de los mismos y reducir el efecto adverso de vibraciones.

<sup>45</sup> [http://www.nnin.org/nnin\\_overview.html](http://www.nnin.org/nnin_overview.html) Consultada 03-10-2010.

<sup>46</sup> <http://nanohub.org/> Consultada 03-10-2010.

<sup>47</sup> <http://www.nanonet.go.jp/english/> Consultada 03-10-2010.

<sup>48</sup> Red Nacional de Nanociencias y Nanotecnologías – <http://www.r3n.org/> Consultada 03-10-2010.

*Nanotecnología*<sup>49</sup> para conectar online a todas las universidades y centros de investigación. En cambio, en Brasil se optó por financiar 10 redes enfocadas a trabajar en temas distintos que unieron a más de 1.000 investigadores en N&N. Por último, el programa marco de la unión Europea financia redes de excelencia en investigación científica, como la Red Nano2Life<sup>50</sup> que aglutina a más de 200 investigadores en el área de bionanotecnología.

ii) Redes conformadas por alianzas público-privadas:

Esta categoría alude a las redes cuyos actores son una mezcla de grupos y centros de investigación públicos con actores del sector privado, que se asocian conformando consorcios entre empresas y grupos de investigación. En este caso, el fin de la red es lograr la creación o modificación de productos o procesos que luego podrán ser explotados comercialmente por las empresas intervinientes en la red. Dado que el fin de la Nanotecnología es llevar nuevas aplicaciones al sector industrial, este tipo de red ocupa un lugar relevante, pues su existencia indica una mayor proximidad a la aplicación de conocimientos en el sector empresarial o industrial.

Hay varios ejemplos de este tipo de red. Uno de los más interesantes es el caso de Alemania, en donde se implementaron dos instrumentos importantes. Por un lado, los centros de competencia en Nanotecnología (BMBF, 2004; BMBF, 2007), donde en este caso el objetivo de los centros es crear redes nacionales enfocadas en temas específicas con un enfoque regional en las áreas consideradas más importantes para Alemania, que junta investigadores con los potenciales usuarios de la Nanotecnología, con el fin de transformar el conocimiento generado en desarrollos industriales. Por el otro lado, el país germano cuenta con lo que denominan *Lead Innovations*, que también son centros financiados por el BMBF, pero que en este caso asocian centros y grupos de I+D específicamente para la solución de problemas a partir de la Nanotecnología en distintas cadenas de valor, como la de la industria electrónica o la de la industria automotriz. Otro ejemplo son los Centros de Investigación

---

<sup>49</sup><http://www.ausnano.net/> Consultada 03-10-2010.

<sup>50</sup>[http://www.nano2life.org/links\\_list.php](http://www.nano2life.org/links_list.php) Consultada 03-10-2010.

en Ciencia e Ingeniería de Materiales<sup>51</sup> en Estados Unidos, que unen a un grupo de institutos académicos que buscan cooperar activamente con la industria con el fin de transferir conocimientos entre actores, y compartir las instalaciones y el equipamiento entre las instituciones de la red. En el mismo sentido, en Inglaterra se destaca la creación de la red *Nanotechnology Knowledge Transfer Network*<sup>52</sup>, que es una plataforma online que permite la interacción entre los distintos tipos de usuarios del ámbito público y privado con el fin de promover la innovación en el sector industrial. También se encuentra el caso es la red española *Nano Spain*<sup>53</sup> que aglomera miembros del gobierno, de universidades y de la industria a nivel nacional.

Asimismo, hay algunos ejemplos de este tipo de redes pero a nivel provincial o estatal, como la red de Nanotecnología de Ontario, Canadá, que actúa como punto focal de los distintos actores del sector público y privado en la zona, o las redes fomentadas por el *Centro para la Promoción de la Nanotecnología*<sup>54</sup> de Shangai, China, que busca entrelazar las investigaciones realizadas con intereses del sector privado con el fin de aplicar los conocimientos desarrollados.

### iii) Otro tipo de redes

En esta categoría se incluyeron a otro tipo de redes que no están dedicadas a la investigación básica o aplicada en N&N, pero que cumplen un rol central en otros aspectos del desarrollo de la temática, como aquellas que están dedicadas a la educación o aquellas redes a nivel regional que se abocan al estudio de los efectos en la sociedad de la introducción de estas nuevas tecnologías.

---

<sup>51</sup><http://www.mrsec.org/> Consultada 03-10-2010.

<sup>52</sup>Nanotechnology Knowledge Transfer Network <https://ktn.innovateuk.org/web/nanoktn/> Consultada 03-10-2010.

<sup>53</sup><http://www.nanospain.org> Consultada 03-10-2010.

<sup>54</sup><http://www.snpc.org.cn/> Consultada 09-10-2010.

Para el primer caso se encuentra como ejemplo la *Red de Educación Informal en Ciencia de la Nanoescala*<sup>55</sup> que está conformada por una comunidad de investigadores y de educadores informales en ciencia encargados de promover la percepción pública y el entendimiento sobre las N&N en Estados Unidos. Taiwán también cuenta con un programa específico para promover la educación en Nanotecnología (Wu & Yang, 2004), y a partir del mismo se han creado cinco centros de desarrollo de personal ubicados en universidades que trabajan en red con el fin de difundir la temática.

Para el segundo caso, como ejemplo de red a nivel regional se encuentra el Foro Nano Asiático<sup>56</sup>, fundado en 2004 y conformado por 15 economías de la región Asia-Pacífico. Su objetivo es promover la excelencia en investigación y el desarrollo económico a partir de la Nanotecnología. También, a nivel Latinoamericano se puede destacar la Red de Nanotecnología y Sociedad<sup>57</sup>, que está coordinada desde México y que surge con el propósito de dialogar sobre el papel de las Nanotecnologías en la sociedad, y en crear un foro de discusión e intercambio de información que de seguimiento al proceso de desarrollo de las Nanotecnologías en América Latina.

## **2. Centros nacionales**

El segundo IP que más veces se detectó en los países estudiados ha sido la creación de centros nacionales de I+D especializados en Nanotecnología. En general se trata de edificios con la infraestructura, los equipos, los instrumentos y el personal adecuado para trabajar tanto en una amplia variedad como en temas focalizados de Nanotecnología, que varía según la orientación y las líneas temáticas del centro. Uno de los motivos principales por los cuales se fundamenta su creación es que cumplen el papel de fuentes de conocimiento e información para las empresas, tanto grandes como pymes, para que puedan utilizar las capacidades desarrolladas en el área de especialidad del centro para formar recursos y/o elaborar productos o procesos con las nuevas tecnologías, adquiriendo así una ventaja competitiva en el mercado. Esta tendencia es evidente en el caso de la Nanotecnología, que es una tecnología fuertemente dependiente de los avances en ciencia, y por tal motivo las

---

<sup>55</sup> <http://www.nisenet.org/> Consultada 09-10-2010.

<sup>56</sup> <http://www.asia-anf.org/> Consultada 09-10-2010.

<sup>57</sup> <http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans/page2/index.html> Consultada 09-10-2010.

empresas buscan obtener tecnología y realizar actividades de I+D frecuentemente por intermedio de fuentes externas, por ejemplo en consorcios con laboratorios, centros especializados y con otras empresas.

En particular, en un estudio reciente se han analizado los centros nacionales de Micro y Nanotecnología a nivel mundial y se detectó que a pesar de que el sector industrial es uno de los principales destinatarios de los resultados de las investigaciones de los centros, las actividades del 50% de ellos están enfocadas en investigaciones científicas y tecnológicas (Kautt *et al*, 2007). Los autores explican este fenómeno diciendo que las empresas suelen utilizar los centros principalmente para trabajos de I+D precompetitivos en vez de usar la infraestructura de los centros para producción al estilo de las fundiciones en donde se fabrican los circuitos integrados para la industria electrónica. También, en la encuesta realizada se encontraron cuales son las misiones más frecuentes de los centros, entre las que se destacan: la realizaciones de investigaciones originales y de punta; la integración de las distintas disciplinas necesarias en las Micro y Nanotecnologías; el esparcimiento y difusión del conocimiento; facilitar la explotación de los desarrollos científicos y la educación sobre la temática de especialidad de los centros. En cuanto a las áreas industriales que demandan los conocimientos generados por los centros, entre los más frecuentes se encontraron: Ciencias de la Vida y Biotecnología; Microelectrónica; Química y Energía. Y con respecto a los campos de aplicación, los dominantes fueron: Materiales; Sensores; Ciencia en General; Dispositivos Médicos y Cuidado de la Salud. En cuanto a su distribución nacional, los autores detectaron que el 75% están instalados en los siguientes 5 países: Estados Unidos (41%), Alemania (14%), Corea (10%), China (5%) y el Reino Unido (5%). Y en cuanto a los centros de Nanotecnología con mayor cantidad de personal destacaron al MINATEC<sup>58</sup> en Francia, el Centro Nacional para las Nanociencias y Nanotecnologías<sup>59</sup> en China, el Centro para Materiales en la Nanoescala<sup>60</sup> del Departamento de Energía en Estados Unidos, el Centro de Tecnología Nanoelectrónica<sup>61</sup> en Alemania, entre otros.

### 3. Políticas explícitas de Nanotecnología

El tercer instrumento detectado fue la introducción de políticas explícitas de promoción y coordinación de los esfuerzos en N&N plasmados en documentos oficiales, planes, iniciativas o en la creación de organismos. Este tipo de políticas le otorga a la Nanotecnología un apoyo oficial por parte del gobierno del país o de la región bajo estudio, que fomenta su desarrollo. Se detectaron algunas variantes en las formas de realizar este apoyo oficial, que a continuación se describen junto con los ejemplos más representativos:

---

<sup>58</sup> [http:// www.minatec.com/](http://www.minatec.com/) Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>59</sup> <http://english.nanoctr.cas.cn/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>60</sup> <http://nano.anl.gov/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>61</sup> <http://www.cnt.fraunhofer.de/en/index.jsp> Consultada el 9 -10 -2010.

i) Iniciativas o planes

En esta categoría se incluyen las iniciativas o planes específicos para la promoción de las actividades y el desarrollo de las N&N. Según su alcance se pueden diferenciar en nacionales o provinciales/estadales<sup>62</sup>.

(1) Nacionales

Existen varios ejemplos sobre la implementación de iniciativas y planes nacionales para el fomento de la Nanotecnología. Indudablemente la primera y más emblemática es la *National Nanotechnology Initiative*<sup>63</sup> (NNI) iniciada por Estados Unidos en el año 2001. Los fuertes montos invertidos junto con los anuncios a nivel global suelen ser considerados como el inicio oficial de una carrera de desarrollo en Nanotecnología. Esto puede vislumbrarse al considerar que varios otros países también iniciaron sus planes e iniciativas ese mismo año. Por ejemplo, China inició su *Plan Nacional de Desarrollo de las Nanociencias y Nanotecnologías* (Shapira & Wang, 2009), mientras que en julio del 2001 Corea del Sur comenzó con el *Plan de Desarrollo de la Nanotecnología* (Asia Pacific Nanotech Weekly, 2003), India inició la *Iniciativa Nacional en Nanociencia y Tecnología*, que fue reemplazada en el 2007 por la *Misión Nacional en Nanociencia y Tecnología*<sup>64</sup>, e Israel creó la *Iniciativa Nacional Israelí para la Nanotecnología*<sup>65</sup>. Dos años más tarde, siguiendo con el efecto dominó de la política estadounidense, se comenzó la *Iniciativa Sudafricana en Nanotecnología*<sup>66</sup>, y Taiwán inició el *Programa Nacional en Nanociencias y Nanotecnologías*<sup>67</sup>.

(2) Provinciales o Estadales

---

<sup>62</sup> En este caso el término hace referencia a los países cuya división interna está conformada por estados, como Estados Unidos, y no por provincias, como el caso Argentino.

<sup>63</sup> <http://www.nano.gov/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>64</sup> <http://nanomission.gov.in/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>65</sup> <http://www.nanoisrael.org/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>66</sup> <http://www.sani.org.za/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>67</sup> <http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/index.php?eng=T> Consultada el 9 -10 -2010.

En algunos países coexisten iniciativas provinciales o estatales junto con las políticas existentes a nivel nacional. En general su objetivo es fomentar el desarrollo de la Nanotecnología para que el estado o la provincia en cuestión obtengan ventajas competitivas con respecto a otras regiones. Esta competencia es muy evidente en Estados Unidos, donde ya hay 18<sup>68</sup> estados que cuentan con sus propias iniciativas de promoción de las N&N. En China también se han detectado iniciativas propias por parte de las provincias de Beijing y Shanghai (Appelbaum & Parker, 2008). Por último, en Canadá se han implementado iniciativas en los estados de Alberta<sup>69</sup>, Quebec<sup>70</sup> y Ontario<sup>71</sup>.

## ii) Nanotecnología como prioridad en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

En otros países, en vez de crear iniciativas o programas de políticas específicos para explicitar el interés en las N&N, se ha optado por incluirlas como prioridades dentro de los respectivos Planes Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación. Tal es el caso de España, en donde la red Nano Spain asume el éxito de lograr la inclusión en el *Plan Nacional de I+D+i*<sup>72</sup> del área estratégica de N&N. A su vez, en el año 2001 en Japón se oficializó el fomento a la investigación y desarrollo de la Nanotecnología a nivel gubernamental con la implementación del *Segundo Plan de Ciencia y Tecnología*<sup>73</sup>. También en Italia el Ministerio de la Educación, de la Universidad y de la Investigación cuenta con las N&N como prioridad en sus respectivos planes nacionales de investigación<sup>74</sup>. Con respecto a los países estudiados de América Latina, México la incluyó como un área estratégica dentro del *Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006* (Foladori & Zayago, 2007), y Argentina tiene a la Nanotecnología como un área prioritaria en el *Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Bicentenario (2006-2010)*.

## iii) Estrategias

---

<sup>68</sup><http://www.ncnanotechnology.com/public/root/links.asp> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>69</sup><http://www.nanoalberta.ca/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>70</sup><http://www.nanoquebec.ca/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>71</sup><http://www.nanoontario.ca/> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>72</sup><http://www.oei.es/noticias/spip.php?article1156> Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>73</sup> Disponible en [http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/2nd-BasicPlan\\_01-05.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/2nd-BasicPlan_01-05.pdf) Consultada el 9 -10 -2010.

<sup>74</sup> Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca– <http://www.istruzione.it> Consultada el 9 -10 -2010.

En esta categoría se incluyen los documentos detectados cuyos organismos emisores autodenominan “Estrategias”. A diferencia de las iniciativas o planes de Nanotecnología, las estrategias de Nanotecnología consisten únicamente en un documento que expone los principales lineamientos a seguir por el país o la región en cuestión. Sin embargo, no parecería ser una diferencia solamente semántica, sino que además el alcance de los documentos dentro de la categoría estrategia parecerían reflejar un menor consenso o apoyo oficial en los pasos a seguir para alcanzar los objetivos mencionados. Se encontraron ejemplos de estrategias a nivel regional (bloques de países) como a nivel nacional. Para el primer caso, se encuentra el ejemplo de la Unión Europea que en el año 2004 emitió la comunicación “Hacia una estrategia para la Nanotecnología en la Unión Europea” (COM, 2004). En la misma se presenta un enfoque integrado y complejo para el fomento de la Nanotecnología, proponiendo acciones en varios campos con el fin de mantener a Europa en la punta de los desarrollos. Siguiendo esta línea, en el 2005 se implementó un plan de acción hasta el 2009 (COM, 2005). Con respecto a los ejemplos a nivel nacional, Alemania cuenta con el “El plan de acción 2010” (BMBF, 2007) que coordina el accionar de 7 ministerios en el área de N&N. También, en marzo del 2010 el Reino Unido publicó el documento oficial *UK Nanotechnology Strategy, small technologies, Great opportunities* (HM Government, 2010), en el cual se establece la estrategia a seguir para la promoción de la N&N. Otro ejemplo es el de Australia, que en 2007 estableció la *Estrategia Nacional de Nanotecnología de Australia* (AON, 2008).

#### iv) Organismos nacionales de promoción de la Nanotecnología

Una última forma detectada de promover oficialmente la Nanotecnología ha sido a través de la creación de organismos nacionales a los que se ha asignado precisamente dicha función. Por ejemplo, en el 2005 se creó en Argentina la *Fundación Argentina de Nanotecnología*, y en el 2007 se creó la corporación estatal *Rusnano*<sup>75</sup>, encargada de implementar las políticas públicas para el fomento de la Nanotecnología en Rusia.

---

<sup>75</sup><http://www.rusnano.com/> Consultada el 9 -10 -2010.

#### 4. Sistemas de información de Nanotecnología

El cuarto instrumento que más ha sido detectado es la implementación de Sistemas de Información focalizados en Nanotecnología, donde el concepto de Sistema de Información incluye a los portales de Internet que pueden contener datos actualizados sobre: las actividades relacionadas con las N&N en el país de origen del portal o región; enlaces a distintas páginas; información sobre grupos de investigación nacionales, empresas, organismos dedicados a la Nanotecnología, entre otros; anuncio de eventos, conferencias, talleres; acceso a resúmenes o completamente a las investigaciones más destacables; servicios de inteligencia de mercado, estudios de prospectiva; estudios de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, entre otros. Este punto es muy relevante ya que este tipo de sistemas permiten la difusión de la información, reduciendo las asimetrías existentes entre los distintos actores participantes e interesados en sumarse a la comunidad nanotecnológica, y la existencia de un portal de este estilo en teoría logra que los datos se encuentren al alcance del público en general interesado, incluyendo a miembros del sector empresario, lo cual aumenta la potencial interacción con el sector público.

Existen varios ejemplos de Sistemas de Información que presentan algunas de las características mencionadas. Entre ellos se puede destacar el portal Alemán *Mapa de la Nanotecnología*<sup>76</sup> que brinda de una manera visual muy amena y completa información sobre las universidades, empresas y organismos del sector público que trabajan en temas relacionados directa o indirectamente relacionados con la N&N. Otro caso es el del portal *Nano.gov* de Estados Unidos que aglomera toda la información de la *National Nanotechnology Initiative*, con links a los centros, redes y principales organismos dedicados a las N&N. También el portal online *Institute of Nanotechnology*<sup>77</sup>, que se encarga de recolectar y difundir información sobre los avances de las N&N en el Reino Unido, como así también organizar cursos y eventos, realizar estudios de inteligencia de mercado, identificar y coordinar nuevos proyectos de investigación y promover la educación y el entrenamiento en las distintas áreas que abarca la temática. En Israel se ha creado un portal de conocimientos en N&N<sup>78</sup> que contiene un buscador que permite acceder a la información sobre las instituciones relacionadas con Nanotecnología relevadas a través de encuestas. Por último, a nivel regional en la Unión Europea se ha creado el sistema *Nanoforum – European Nanotechnology Gateway*<sup>79</sup> que concentra información sobre organizaciones, eventos, publicaciones, novedades, educación, trabajos y otros, todo sobre N&N.

#### 5. Plataformas tecnológicas

---

<sup>76</sup> Sitio web del Mapa de Competencias en Nanotecnología de Alemania – <http://www.nano-map.de/> Consultada el 9-10-2010.

<sup>77</sup> <http://www.nano.org.uk> Consultada el 9-10-2010.

<sup>78</sup> <http://search.dainfo.com/inni/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>79</sup> <http://www.nanoforum.org/> Consultado el 9-10-2010.

El quinto instrumento que más se ha detectado ha sido el establecimiento de Plataformas Tecnológicas<sup>80</sup> (PT). Las mismas son agrupaciones de distintas entidades (industria, institutos de investigación y comunidad académica, gobierno, comunidad financiera y sociedad civil) interesadas en un sector concreto, lideradas por la industria con el objetivo de delinear una agenda estratégica de investigación sobre temas considerados importantes y de gran relevancia social. Las PT han sido creadas en la Unión Europea, y suelen buscar desarrollar capacidades, competencias y conocimientos para alcanzar avances tecnológicos y de investigación en el mediano y largo plazo. En general, están conformadas por actores de distintos países de la unión, aunque también hay casos de PT que sólo existen dentro de un contexto nacional con el fin de trabajar en una temática específica industrial. Hay muchos ejemplos de PT en donde se incluye en sus líneas de investigación a la Nanotecnología, algunos de ellas: la Plataforma Europea de NanoMedicina<sup>81</sup>, la *European Nanoelectronics Initiative Advisory Council*<sup>82</sup> dedicada a los desarrollos en nanoelectrónica, SusChem<sup>83</sup> que es una PT Europea dedicada a la química sustentable, *Photonics 21*<sup>84</sup> que es la PT que realiza investigaciones y aplicaciones de la tecnología fotónica en varias industrias, también la PT *Future Manufacturing Technologies*<sup>85</sup> en donde se aplica la Nanotecnología para las manufactura del futuro; y la plataforma europea dedicada a la integración e innovación en Nanotecnología, *Nanofutures*<sup>86</sup>, entre otras<sup>87</sup>.

## 6. Alianzas empresariales

En sexto lugar se encuentra el IP denominado Alianzas Empresariales, que describe la tendencia de creación de alianzas por parte de representantes del sector privado, que se aglutinan principalmente con el fin de promover políticas para la Nanotecnología, como así también para proponer y sugerir redireccionamientos de las líneas de investigación y desarrollo con el fin de que se alineen a los intereses de la alianza. Esta tendencia se ha detectado en países en donde el sector privado tiene una participación en términos de inversión en I+D superior que la del sector gubernamental (OECD, 2009).

Existen varios ejemplos de alianzas, entre ellas, la *Nano Business Alliance*<sup>88</sup> de Estados Unidos, que es la primera asociación industrial fundada para avanzar el negocio emergente de la Micro y Nanotecnología para corporaciones, nuevas empresas, inversores, investigadores, entre otros interesados. Otro ejemplo es el Reino Unido que cuenta con la *Nanotechnology Business*

---

<sup>80</sup><http://www.madrimasd.org/empresas/Plataformas-Tecnologicas/default.asp> Consultado el 9-10-2010.

<sup>81</sup><http://www.etp-nanomedicine.eu/public> Consultado el 9-10-2010.

<sup>82</sup><http://www.eniac.eu/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>83</sup><http://www.suschem.org/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>84</sup><http://www.photonics21.org/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>85</sup><http://www.manufuture.org/manufacturing/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>86</sup><http://www.nanofutures2010.eu/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>87</sup>[http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pressroom\\_projects\\_nmp7.htm](http://cordis.europa.eu/nanotechnology/src/pressroom_projects_nmp7.htm) Consultado el 9-10-2010.

<sup>88</sup><http://www.nanobusiness.org/index.php/about> Consultado el 9-10-2010.

*Association*<sup>89</sup>, una asociación de empresas de distintos sectores industriales (salud, química, automotriz, procesamiento de materiales y productos de consumo, entre otros). También, en Australia se creó la *Alianza Australiana de Nanotecnología*<sup>90</sup> que aglomera miembros de grandes y nuevas empresas en Nanotecnología, en distintos sectores, como minería, agricultura, construcción, biotecnología, aviación y microelectrónica. En Corea del Sur se fundó la *Asociación Nacional para la Investigación en Nanotecnología*<sup>91</sup> que tiene como objetivo facilitar la participación de industrias coreanas en las distintas áreas que abarca la Nanotecnología. Por último, en Japón se creó el consorcio *Nanotechnology Business Creation Initiative*<sup>92</sup>(NBCI) que es una organización dirigida por miembros de la industria, formado por más de 300 empresas privadas.

Sin duda, los ejemplos muestran que en varios países el sector privado se está organizando con el fin de lograr llevar a la Nanotecnología a la práctica y mantener la competitividad a nivel nacional o regional.

## **7. Clústers, polos de competitividad e incubadoras de empresas**

En séptimo lugar se encuentra la estrategia de creación de clústers o polos de competitividad e incubadoras de empresas especializadas o focalizadas en Nanotecnología. Esta estrategia se origina a partir del fenómeno denominado en la literatura como “Aglomeración Tecnológica” (Robinson *et al*, 2007) que afirma que una heterogeneidad de actores cuyas actividades en distintos campos científicos, tecnológicos o empresariales se relacionan, tienden a ubicarse en una misma zona geográfica. Los autores dicen que el fenómeno de aglomeración tecnológica es particularmente visible en tecnologías emergentes como la Nanotecnología. Esto se debe a que al ser la Nanotecnología interdisciplinaria y al atravesar varias cadenas de valor tanto industriales como tecnológicas, la aglomeración geográfica de actores facilitaría el desarrollo de las actividades en la nanoescala. Por ende, la emergencia de clústers o polos de competitividad e incubadoras de empresas en Nanotecnología suele ir asociada a la creación de centros especializados en la temática que se mencionaron en el punto 2.

Se han detectado varias iniciativas explícitas de construcción de clusters o polos. Por ejemplo, Francia posee una política activa en la generación de los denominados Polos de Competitividad. Para el caso particular de Nanotecnología se destacan los cinco polos existentes que tienen entre sus misiones el desarrollo de la Nanotecnología. Igualmente Finlandia cuenta con el

---

<sup>89</sup><http://www.nanotechia.org/> Consultada el 9-10-2010.

<sup>90</sup><http://nanotechnology.org.au/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>91</sup><https://www.nanokorea.net/eng/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>92</sup><http://www.nbcj.jp/en/index.html> Consultado el 9-10-2010.

*Nanotechnology Cluster Programme*<sup>93</sup> que busca fomentar y fortalecer el desarrollo e implementación de las Micro y Nanotecnologías y el uso de nuevos materiales en las empresas Finlandesas. Otro caso es Italia, en donde se ha financiado la creación de distritos tecnológicos o clústers<sup>94</sup> con el fin de promover la innovación de las empresas del país, buscando fortalecer su competitividad en las áreas productivas existentes, aumentando sus exportaciones y mejorando sus capacidades tecnológicas al introducir nuevas tecnologías, permitiéndoles desarrollar nuevos productos y procesos. En México se encuentra el parque denominado *Silicon Border*<sup>95</sup> situado en la frontera con Estados Unidos y enfocado en la cadena de valor de la industria de semiconductores.

En cuanto a la creación de incubadoras, en el 2004 la Universidad de Nanyang de Singapur creó la empresa *Nanofrontier Pte Ltd*<sup>96</sup>, que comercializa los desarrollos de los laboratorios y además sirve como incubadora de nuevos emprendimientos. También en Beijing, China, se creó la Incubadora *Nanotechnology Industrialization Base for China* (Appelbaum & Parker, 2008) cuyo objetivo es alentar la creación de nuevas empresas basadas en Nanotecnología que sean sustentables en el tiempo.

A modo de conclusión, los resultados del inventario realizado permiten tener un panorama general de las estrategias más utilizadas para la implementación de políticas públicas específicas de promoción de la Nanotecnología. La tipología desarrollada de instrumentos mostró que las redes de articulación son el instrumento más transitado en los países estudiados, pues permiten conectar las distintas capacidades cognitivas distribuidas a lo largo de sus territorios. En segundo lugar se detectó la creación de centros nacionales especializados en Nanotecnología donde se realizan fuertes inversiones tanto en equipos e infraestructura como en la capacitación de recursos humanos, que son todos factores esenciales. En tercer lugar se encontraron los distintos tipos de iniciativas de políticas explícitas de promoción, que oficializan y legitiman los apoyos gubernamentales a la Nanotecnología, como las distintas iniciativas a nivel nacional y provincial o estadual, las estrategias de acción a nivel nacional, la inclusión de la N&N como prioridad en los planes nacionales de I+D+i y la creación de corporaciones o fundaciones encargadas de las políticas de fomento a nivel nacional. Entre los otros instrumentos se destacaron los sistemas de información para la difusión de las actividades de Nanotecnología, las plataformas tecnológicas, las alianzas empresariales y por último, los polos o clústers tecnológicos e incubadoras específicas de Nanotecnología. Los resultados hallados indican que los países utilizan una variedad de instrumentos de promoción de la Nanotecnología para fomentar el desarrollo de esta nueva área emergente desde distintos ángulos, e incluso más de los que se han mencionado, pues

---

<sup>93</sup> <http://www.nanocluster.fi/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>94</sup> [http://www.miur.it/0003Ricerca/0142Ricerca/0754Techno/index\\_cf3.htm](http://www.miur.it/0003Ricerca/0142Ricerca/0754Techno/index_cf3.htm) Consultado el 9-10-2010.

<sup>95</sup> <http://www.siliconborder.com/> Consultado el 9-10-2010.

<sup>96</sup> [http://www.nanofrontier.com.sg/About\\_Us.html](http://www.nanofrontier.com.sg/About_Us.html) Consultada el 9 -10 -2010.

cabe resaltar que la selección de instrumentos ha dejado otros importantes sin considerar. Como por ejemplo iniciativas para promover la educación en Nanotecnología a través de la creación de portales de Internet o la interesante iniciativa del Instituto de Investigación en Tecnología Industrial<sup>97</sup> de Taiwán, que creó el primer certificado para productos nanotecnológicos denominado *Nanomark* (Su *et al*, 2007), con el fin de ser una medida de control y de calidad de los productos nanotecnológicos que se pueden adquirir en el mercado.

---

<sup>97</sup><http://www.itri.org.tw/eng/> Consultada el 9-10-2010.

## **Capítulo 5: La Nanotecnología en Argentina**

Este capítulo está conformado por dos secciones. En la primera de ellas se caracteriza al Sistema Nanotecnológico Argentino, detallando sus principales actores y describiendo los principales eventos que han ocurrido desde el 2000, mientras que en la segunda sección se profundiza en el análisis del caso fundamentalmente a partir de la información cualitativa obtenida de las entrevistas.

### **5.1: Actores y eventos del Sistema Nanotecnológico Argentino:**

Para responder al tercer objetivo secundario, se inició la investigación caracterizando como está compuesto el **Sistema Nanotecnológico Argentino (SNA)**, y cuáles fueron los principales hitos que han llevado a su actual conformación<sup>98</sup>.

Principalmente, el SNA está conformado por todos aquellos actores relacionados con la nanotecnología en Argentina, los que pueden clasificarse en: a) Institutos y centros dedicados a investigaciones de I+D, que suman al menos 66 instituciones; b) Empresas, que según la investigación ascienden a 45, c) Instituciones del sector público o no gubernamentales, que se describen en detalle a continuación.

#### **a) Institutos y Centros de I+D:**

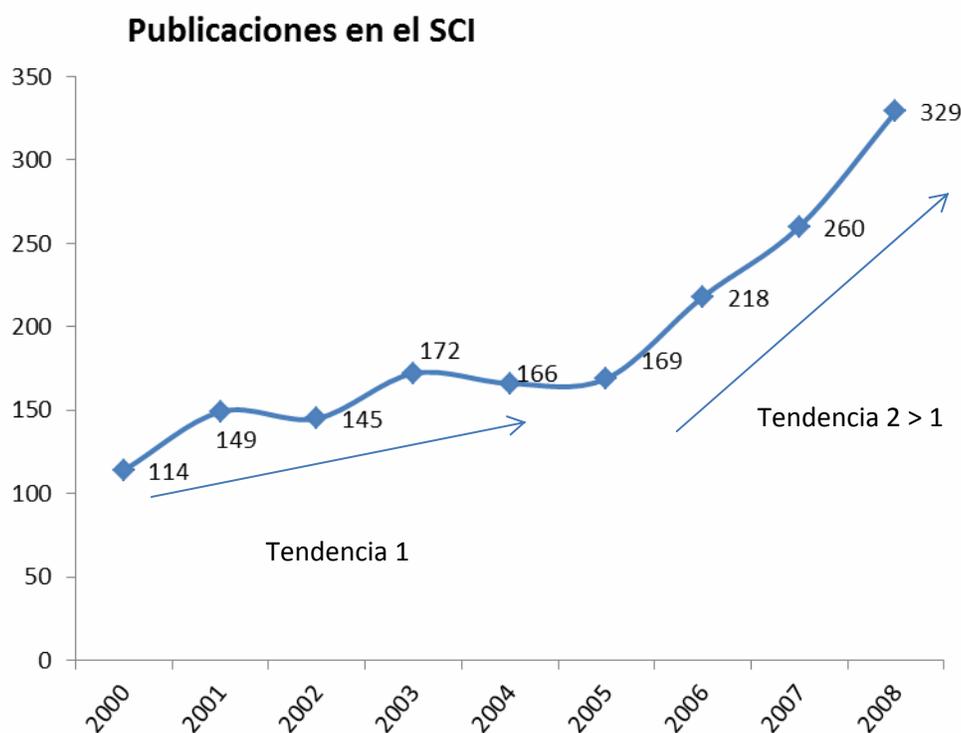
Casi el 60% de la I+D en Argentina es realizada por grupos de investigación en institutos y centros que se encuentran en organismos de ciencia y tecnología o en Universidades mayoritariamente públicas y algunas privadas, tendencia que se repite en varios países de América Latina (RICyT, 2009). Los mismos se encargan de absorber y generar nuevos conocimientos sobre las diversas disciplinas científicas y tecnológicas cultivadas en el país, y una forma de identificar sobre cuántos existen y en que temáticas se encuentran trabajando es a partir de la medición de los trabajos científicos y tecnológicos publicados en revistas con referato internacional. Para ello, la Cienciometría, que es la ciencia que se encarga de medir y analizar la producción científica y tecnológica, utiliza como fuente de información bases de datos que indizan un conjunto representativo de revistas de I+D en distintas disciplinas (Prat, 2009). A partir de análisis se elaboran distintos tipos de indicadores que

---

<sup>98</sup>Cabe aclarar que no se buscó determinar fechas exactas de la creación de este sistema, sino que se lo utilizó como un concepto operativo para describir la red de agentes, más o menos articulada y conectada, actuando en una misma temática en común, en este caso, la Nanotecnología.

reflejan la producción de conocimiento. En particular, la característica interdisciplinaria de la nanotecnología ha llevado a que se desarrollen nuevas estrategias de búsqueda en las bases de datos (Porter *et al*, 2008), a fin de obtener información sobre las distintas comunidades y líneas de I+D existentes en la temática. Y a partir de estudios previos realizados por el Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT), que ha aplicado esta estrategia a publicaciones sobre Nanotecnología registradas en la base internacional *SCI*, se obtuvieron gráficos sobre los institutos y centros de I+D relacionados con nanotecnología y actualizadas hasta el 2008.

El indicador más básico es la cantidad de publicaciones en Nanotecnología en cada país por año, que para el caso de Argentina, se muestra en la Figura 5.1.



**Figura 5.1:** Cantidad de publicaciones Argentinas en el *SCI* sobre N&N. Fuente: (CAICYT, 2009).

La curva muestra una tendencia ascendente en el período 2000-2008, que sugiere una mayor capacidad de generación de conocimientos por parte del SNA. En particular, se distinguen dos tendencias crecientes en el período estudiado, siendo la del 2005 al 2008 mayor a la del 2000-2004. Este aumento coincide con los apoyos gubernamentales a la Nanotecnología (que luego se describirán), que insinuaría un impacto positivo en la generación de nuevos conocimientos en el área. Aunque no hay

que olvidar que en este caso, dado que lo que se está midiendo son las publicaciones, se está representando más la capacidad de producir conocimientos básicos o de Nanociencias. En cambio, los desarrollos tecnológicos se podrían medir a través de las patentes de invención solicitadas en Argentina, pero lamentablemente se adolece del acceso a fuentes codificadas y correctamente estructuradas a nivel nacional que brinden dicha información.

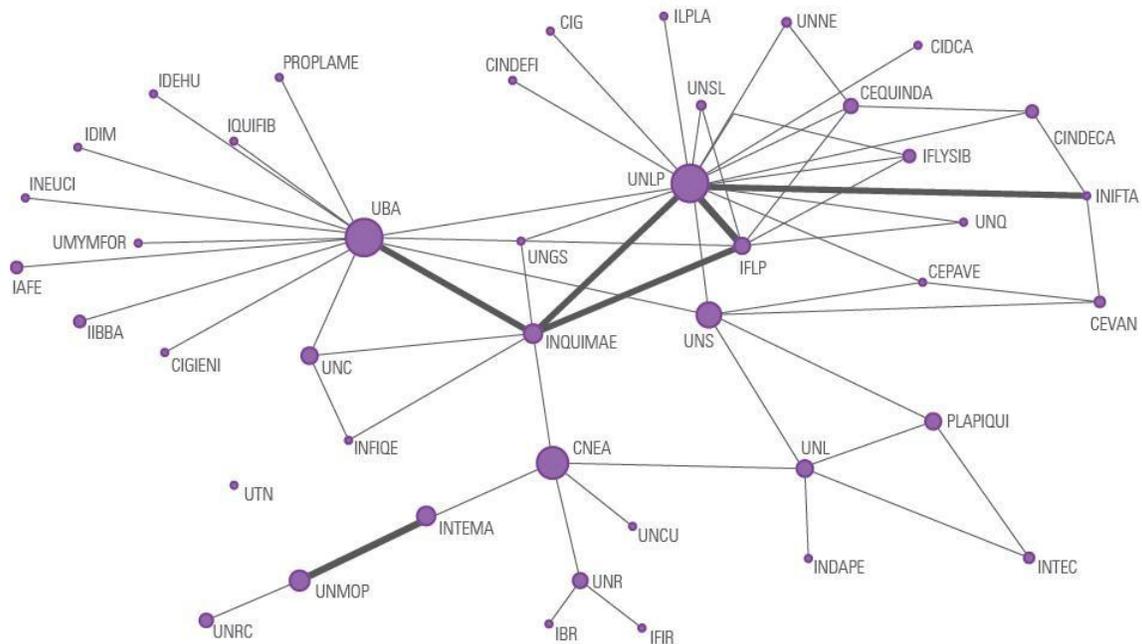
Otra de las bondades de los indicadores elaborados a partir de la Cienciometría, es que permiten retratar la trama de instituciones de ciencia y tecnología que han publicado trabajos en conjunto en Nanotecnología. Por ejemplo, se puede visualizar la red de instituciones que en 2008 han figurado en diversas publicaciones en revistas indexadas en el *SCI*. De esta forma, la red permite concebir rápidamente algunos de los actores del SNA, tal como se observa en la Figura 5.2, donde se identifica que **en 2008 hubo 66 instituciones y centros de I+D que publicaron en revistas con referato internacional investigaciones sobre N&N**. Pero hay que tener ciertos recaudos al considerar esta red<sup>99</sup>, pues uno no debe olvidar que se basa primariamente en publicaciones de ciencia básica y en menor medida de ciencia aplicada, soslayando actividades y desarrollos más aplicados o tecnológicos que no necesariamente se transmiten por medio de publicaciones y que sin duda realizan varias de las instituciones de la red, pero que no estarían reflejadas en todo su esplendor en este tipo de representación. A modo de ilustración, el nodo que representaría al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), tiene un tamaño bastante pequeño, pues el método no capta la totalidad de actividades en Nanotecnología que se realiza en la institución<sup>100</sup> que se difunden de otras formas, y no necesariamente a través de publicaciones.

Teniendo en cuenta la advertencia realizada para su análisis, del gráfico de red se desprende que en 2008 la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Nacional de la Plata (UNLP), la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) y la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP) son las 5 instituciones con mayor peso en publicaciones sobre N&N. Ahora, al mirar con más detalle cada una de estas instituciones, se desprenden algunas relaciones interesantes a considerar. Por ejemplo, la firma de la UBA en las publicaciones aparece en conjunto con otras 24 instituciones y centros en temas de N&N. Principalmente con el Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) que pertenece a la UBA, seguido en intensidad de co-publicaciones con la CNEA. Con respecto a la UNLP ha trabajado en conjunto en el 2008 con otros 23 nodos de la red. La mayoría de las publicaciones han sido firmadas desde el Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA) que pertenece a la UNLP. En cuanto a la CNEA, su red de colaboración está conformada por 11 nodos, y su cantidad de publicaciones se conforma por las

<sup>99</sup> El tamaño de los nodos representa la cantidad de publicaciones de cada institución, mientras que el grosor de los enlaces hace referencia a la magnitud de las publicaciones que fueron firmadas en conjunto, reflejando indirectamente actividades de cooperación entre los grupos e instituciones firmantes.

<sup>100</sup> <http://www.inti.gov.ar/nanotecnologia/> Consultada el 22-12-2010.





**Figura 5.3:** Red 2000 de instituciones que han realizado publicaciones en conjunto sobre N&N. Fuente: (CAICyT, 2009).

**b) Empresas:**

Si bien la Nanotecnología cobró mayor relevancia a nivel mundial hace poco más de una década, en el sector empresarial argentino ya se han detectado un conjunto de empresas relacionadas con la temática. Pero antes de entrar en detalle en su análisis, cabe aclarar que las complejidades aún no resueltas mencionadas previamente con respecto a la definición de qué es y que no Nanotecnología, junto con las múltiples facetas que la misma puede tener en sus aplicaciones, se trasladan a que no existe aún una definición consensuada a nivel internacional para definir cuando una empresa es de Nanotecnología. Parte de la dificultad radica en que muchas empresas pueden ser usuarias de desarrollos nanotecnológicos, como de nanomateriales en sus procesos usuales de producción, sin necesariamente tener o desarrollar algún tipo de proceso específico para su producción, el cual puede estar desarrollado en otra empresa. Ante esta disyuntiva, se consideró como empresas de Nanotecnología a toda aquella que está relacionada con el desarrollo y aplicación de conocimientos, elementos y/o técnicas para el aprovechamiento de nuevas propiedades inherentes a la nanoescala, incluyendo a aquellas dedicadas a la producción y comercialización de las nanoherramientas mencionadas en la cadena de valor del Capítulo 3.

Teniendo en cuenta esta definición y la información públicamente disponible, se llegó al conteo de 45 empresas. La información se obtuvo de varias fuentes<sup>101</sup>. Cabe aclarar que el número de empresas puede ser mayor ya que hay algunas que pueden estar utilizando Nanotecnología en sus productos o procesos proveniente de desarrollos del exterior, que al no hacer uso del sistema científico y tecnológico nacional, no han sido detectadas a través de las fuentes de información utilizadas. Esta aclaración considera la tendencia que se ha identificado en la literatura sobre las formas que tiene la Nanotecnología de llegar al mercado, en donde, por un lado se señalan a las grandes empresas, nacionales o multinacionales, que tienen sus líneas de productos en base a los desarrollos de sus propios laboratorios de I+D, ya sea dentro o fuera de la empresa, y que están incursionando en la aplicación de la Nanotecnología. Por el otro lado, se encuentran pequeñas empresas, que pueden ser *spin offs* de universidades, en donde emprendedores se encuentran explotando conocimientos desarrollados en los laboratorios. El conteo realizado se ha focalizado, dadas las fuentes de información utilizadas, más bien en las empresas de origen nacional.

Además, si bien **45 empresas** no es un número menor, hay que tener en cuenta que existen diferencias en los grados de avance que tienen cada una de las empresas en cuanto a la aplicación de la Nanotecnología en sus productos o procesos. A grandes rasgos, se las clasificó en los siguientes tres grupos:

1. **Empresas con aplicaciones propias en el mercado:** En esta categoría se incluyeron a empresas que ya comercializan algún producto, utilizan procesos u ofrecen servicios en base o enriquecidos gracias a la Nanotecnología. A este grupo pertenecen empresas como Nanotek<sup>102</sup> o Melt<sup>103</sup>.

---

<sup>101</sup>Entre ellas se encuentran las siguientes que se detallarán en secciones posteriores: En primer lugar, se consideraron las empresas que participaron en las redes de los Proyectos de Áreas Estratégicas de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). En segunda lugar, se contaron las empresas que participaron de la convocatoria de la Fundación Argentina de Nanotecnología en el 2006. En tercer lugar, se consultó la publicación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Argentina sobre la temática (MINCyT, 2009). En la misma se detectaron 22 empresas que están relacionadas con Nanotecnología, de las cuáles se publicó información de 18 que contestaron una encuesta. Y en cuarto y último lugar, se registraron las empresas que han participado de la convocatoria FSNANO 2010 del FONARSEC sobre Nanotecnología de la ANPCyT.

<sup>102</sup>La empresa se creó en el 2004. Tiene productos y procesos en base a Nanotecnología que pueden ser aplicados en diversas áreas o sectores industriales, como en ambiente, en pinturas, plásticos, en materiales de construcción, entre otros. La empresa se inició con la asociación de inversores privados con un investigador del CONICET donde los primeros aportaron el dinero y las habilidades empresariales, mientras que el segundo aportó el conocimiento necesario para el desarrollo del primer producto en base a Nanotecnología, el nano hierro. En el año 2007, después de un período inicial de desarrollo, el producto junto con su proceso de aplicación, germinó. En el 2008 la empresa ganó una licitación internacional en Paraguay para la remediación de una planta contaminada con PCB. En el año 2009 se agregaron nuevos productos, entre ellos SoilTek que permite mejorar la transitabilidad en calles y rutas de tierra, arena o ripio, otorgando capacidades mecánicas superiores, y según la empresa, a un costo significativamente inferior. Además, se desarrolló la tecnología nanArgen que inhibe el crecimiento de una amplia gama de gérmenes, hongos y bacterias, actuando e interfiriendo en su medio e imposibilitando que los microorganismos desplieguen mecanismos de resistencia. La empresa está incursionando en la aplicación de este producto tanto en la industria textil como en pinturas. Así que en este caso la Nanotecnología se desarrolló a partir del *know how* derivado de la experiencia profesional de investigadores del sistema científico y tecnológico. Para más información consultar <http://www.nanoteksa.com/>

<sup>103</sup> En el caso de MELT, ubicada en la ciudad de Campana de la provincia de Buenos Aires, la empresa se dedica a la transferencia tecnológica a pequeñas y medianas empresas, brindando servicios y desarrollando productos innovativos y plantas piloto. En particular, para el caso de la Nanotecnología MELT ofrece los siguientes servicios: Realización de estudios de factibilidad económico-tecnológico; Supervisión de la adquisición de nuevos equipos; Proyección y diseño de máquinas para el recubrimiento nano-estructurado; Capacitación específica para PYMES y grandes empresas sobre las aplicaciones de la Nanotecnología en el sector metalúrgico. En síntesis, las capacidades de la empresa en Nanotecnología se nutren de la amplia experiencia de su director, que se ha formado tanto en aplicaciones de la Nanotecnología como en la transferencia y promoción tecnológica de la misma en el exterior. Para más información consultar <http://www.melt-tecnologia.com/>

2. **Empresas sólo con proyectos de I+D de Nanotecnología:** Esta categoría incluye a empresas que no aplican aún la Nanotecnología en sus productos, procesos o servicios, pero que sí tienen interés en desarrollos nanotecnológicos en sus productos o procesos y que por ende se encuentran trabajando en proyectos, ya sea con instituciones del sistema científico nacional o del exterior. Varias de las empresas que han solicitado financiamiento en la convocatoria del FONARSEC, que se describirá luego, caen dentro de esta categoría. Como por ejemplo, el caso de la reconocida empresa Argentina, INVAP SE<sup>104</sup>, dedicada a la construcción de Reactores Nucleares, entre otras áreas de negocio. O la empresa cordobesa Bell Export SA<sup>105</sup>.
  
3. **Empresas que comercializan Nanoherramientas:** Esta categoría incluye a aquellas empresas que comercializan instrumentos o herramientas para la Nanotecnología, es decir aquellas que brindan los instrumentos comunes a los tres eslabones de la cadena de valor explicada en el Capítulo 3. En este caso se podría citar a las filiales nacionales de empresas dedicadas a la comercialización de microscopios, como la alemana Carl Zeiss<sup>106</sup> o la local Bio-Optic<sup>107</sup> que comercializa productos de la empresa alemana Leica. En todos los casos los instrumentos provienen de diseños y desarrollos de otros países.

En la Figura 5.4 se retrata la distribución de estos grupos. La misma recuerda que aún el desarrollo y las aplicaciones de la Nanotecnología en el país son muy incipientes, pues el 69% de las empresas detectadas están llevando a cabo proyectos con el fin de llegar a un producto o un proceso, sin tener aplicaciones actuales de la Nanotecnología en el mercado. Sólo el 20% de

---

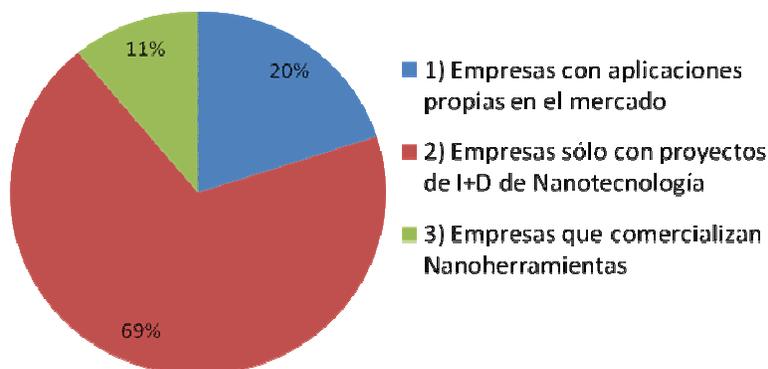
<sup>104</sup>Dedicada al desarrollo de sistemas tecnológicos complejos, cubre con sus productos varios sectores industriales, como el nuclear, el aeroespacial, el de energías alternativas, sistemas médicos, entre otros, y en la entrevista realizada con uno de sus integrantes se vislumbró que la Nanotecnología es una apuesta a futuro en la empresa. Los desarrollos se están llevando a cabo con grupos de investigación de instituciones y universidades del país, como la CNEA. En cuanto a las aplicaciones de la Nanotecnología, se comentaron proyectos relacionados con el desarrollo de sensores y emisores infrarrojos que podrían ser aplicados en el sector aeroespacial, en desarrollos de sensores para las empresas dedicadas a seguridad, y también en usos de sensores para mediciones y cuidado del ambiente. Además, INVAP se encuentra investigando sobre las posibles aplicaciones de la Nanotecnología en implantes médicos, pues las nuevas propiedades en la nanoescala permitirían mejorar la calidad y la respuesta de los materiales utilizados actualmente. En todos los casos, se está desarrollando tecnología estratégica que en los próximos años podrá ser asimilada en los desarrollos productivos actuales de INVAP. Es decir, la Nanotecnología se incorporará paulatinamente en las cadenas productivas que INVAP tiene hoy en día, y en las nuevas que puedan llegar a surgir, por ahora a partir de una estrecha colaboración con grupos de I+D en universidades y organismos del SNA. Para más información consultar en <http://www.invap.com.ar/>

<sup>105</sup> La empresa, ubicada en la ciudad de Bellville en Córdoba, se dedica a la construcción de equipos para la generación de gas oxígeno, ozono y nitrógeno. En este caso, la Nanotecnología se aplica en el proceso de producción de los gases, pues se utiliza la tecnología PSA o de adsorción por balanceo de presiones, que permite separar moléculas en el orden de los angstroms. Gracias a la misma, se puede generar el gas oxígeno o nitrógeno de forma más eficiente y barata que las técnicas criogénicas utilizadas previamente en el mercado. Por ejemplo, el gas oxígeno no es sólo es aplicado como fármaco, sino que también se implementa en el mercado de fundición de metales. En cuanto al nitrógeno, al ser un gas inerte por naturaleza, se lo usa en alimentos, como en los envases de leche en donde si se les introduce en vez de aire, nitrógeno, el contenido dura más tiempo porque no se oxida. Dado que los equipos trabajan en la escala de décimas de nanómetros, se suele incluir a esta tecnología dentro de la Nanotecnología. La tecnología fue adquirida inicialmente de una empresa estadounidense, y actualmente la empresa se encuentra realizando investigaciones en conjunto con institutos del sistema científico y tecnológico nacional con el fin de mejorar los productos actuales y desarrollar nuevos en base a Micro y Nanotecnologías. Para más información consultar en <http://www.invabio.com.ar/>

<sup>106</sup> <http://www.zeiss.com.ar/> Consultada el 23-02-2011.

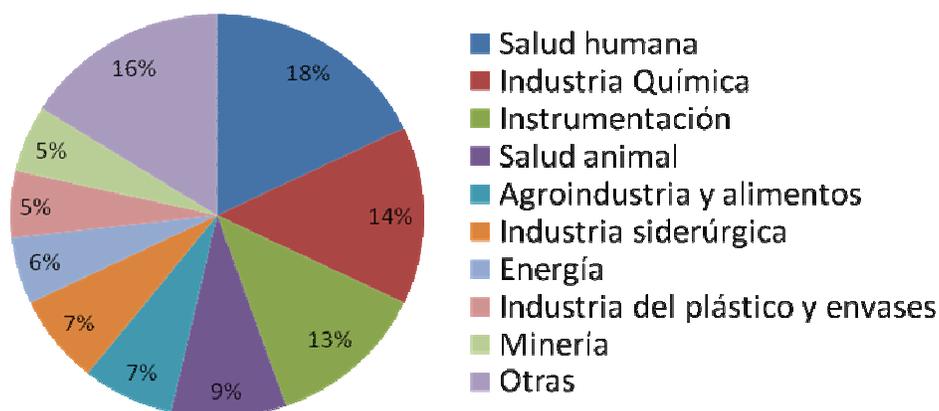
<sup>107</sup> <http://www.bio-optic.com/> Consultada el 23-02-2011.

empresas están utilizando la Nanotecnología en sus productos o procesos. El porcentaje restante corresponde a empresas dedicadas a la comercialización del instrumental necesario para el trabajo en la nanoescala.



**Figura 5.4:** Distribución de las empresas según el grado de aplicación de la Nanotecnología. Elaboración propia.

Luego, a partir de la información de los proyectos y de las páginas web de las empresas, se las clasificó según sus áreas de especialidad o de las posibles aplicaciones de sus productos. Algunas empresas pertenecen a más de una categoría, pues sus áreas de negocios cubrían más de una industria. Los resultados se muestran en la Figura 5.5. Se puede ver que los sectores de aplicación son variados, lo cual reconfirmaría la característica multipropósito de la Nanotecnología. Los datos muestran que la mayor cantidad de empresas están desarrollando sus actividades con el fin de utilizar la Nanotecnología en aplicaciones para la salud humana. En segundo lugar de importancia se encuentran las empresas que están trabajando en proyectos relacionados con la industria química, incluyendo principalmente tratamientos superficiales. El tercer lugar corresponde en cantidad a las empresas que centran su negocio en instrumentación para trabajar en la escala nanométrica, la mayoría son comercializadores de desarrollos tecnológicos extranjeros, como por ejemplo de las distintas familias de microscopios electrónicos. En cuarto lugar, le siguen en cantidad las empresas que trabajan en el área de salud animal. Con respecto a la categoría Otras, la misma engloba empresas con aplicaciones en: la Industria textil, Metalmecánica, Ambiente, Autopartes, Construcción, Industria Electrónica y en el área de Energía Nuclear.



**Figura 5.5:** Distribución de las empresas según grandes sectores de aplicación. Elaboración propia.

Asimismo, el 85% de las empresas declaró tener vínculos con entidades del sistema científico tecnológico argentino, (universidades u organismos de ciencia y tecnología), para la realización de sus proyectos de Nanotecnología. Este valor confirma que al estar la Nanotecnología fuertemente basada en conocimiento científico y tecnológico, principalmente disponible en el sistema de CyT, las empresas necesitan de este tipo de vínculos para elaborar productos o procesos en base a estos conocimientos.

**c) Instituciones:**

A continuación se mencionan las principales instituciones en el ámbito político gubernamental que específicamente influyen en los desarrollos de las N&N y que se desarrollarán en mayor detalle en la segunda sección del capítulo a partir de la información proveniente de las entrevistas y de fuentes secundarias.

En primer lugar, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, que a través de los fondos administrados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, otorga financiamiento a las actividades de I+D y de empresas en el área de N&N.

Por otro lado, se encuentra la Fundación Argentina de Nanotecnología, que es una entidad de derecho privado y sin fines de lucro, creada por el Decreto 380/2005 del Poder Ejecutivo Nacional, cuyo principal objetivo es sentar las bases necesarias para el fomento y promoción del desarrollo de la infraestructura humana y técnica del país en el campo de la nanotecnología y la microtecnología.

Por último, cabe mencionar el Centro Argentino Brasileiro de Nanociencias y Nanotecnologías que tiene su dependencia dentro del MINCyT, y que ha sido pionero en establecer lazos de cooperación con Brasil en N&N.

### **Principales eventos del SNA entre el 2000-2010:**

Tras caracterizar los principales actores de la nanotecnología en Argentina en el 2010, a continuación se realiza una breve narración sobre los principales eventos que ocurrieron desde el 2000 que le dieron la forma actual al SNA.

#### **2000 – 2003:** Argentina y el boom de la Nanotecnología a nivel internacional:

Desde el 2000 al 2003 en Argentina todavía no estaba tan difundido el término Nanotecnología como aquel que engloba a todo el conjunto de investigadores dedicados a la temática, ni había un fuerte interés estatal en el tema. De todas formas, los investigadores Argentinos no fueron una excepción a la tendencia presente en la comunidad científica internacional, y ya a fines del 2001 un grupo de investigadores nacionales declaraba la importancia de la Nanotecnología y los cambios que traería en la producción industrial. La siguiente frase claramente expone la situación nacional:

*“Mientras el mundo desarrollado invierte millonadas en la Nanotecnología, la Argentina recién se está despabilando en este tema, con varios grupos de científicos que ya han exhibido resultados.”*<sup>108</sup>

Y no era una observación desacertada ya que gran número de países ya habían implementado una iniciativa, mientras que en nuestro país no había nada en marcha, y tal omisión de acciones es, desde cierto punto de vista, entendible dado el contexto conflictivo y caótico a nivel político y económico que estaba transitando Argentina<sup>109</sup>.

#### **2004:** Se empieza a mover el sistema

A partir del 2004, una vez que las aguas a nivel nacional se tranquilizaron un poco, se hace evidente un viraje en el comportamiento del estado con respecto a la Nanotecnología. En ese año ocurrieron una serie de eventos que se podrían considerar como las primeras señales por parte del gobierno para avanzar en la construcción del SNA.

En un artículo (Andrini & Figueroa, 2008) escrito para la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad, se relatan los primeros años del apoyo gubernamental explícito de las N&N. En el mismo destacan que:

---

<sup>108</sup><http://edant.clarin.com/diario/2001/12/30/s-04102.htm> Consultada el 23-02-2011.

<sup>109</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis\\_de\\_diciembre\\_de\\_2001\\_en\\_Argentina](http://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_de_diciembre_de_2001_en_Argentina) Consultada el 03-03-2011.

*“En el 2004 comenzó a gestarse una política favorable al desarrollo de la NyN, cruzando intereses diversos, política que se puso en marcha no sin ciertas incertidumbres y disputas.”*

Esta frase que cierra el primer párrafo del texto, sin duda resalta la característica esencial del proceso. En primer lugar, en marzo del 2004 se realizó en la entonces **Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (SECyT y actual MINCyT)** el primer taller nacional sobre las Nanociencias y Nanotecnologías<sup>110</sup>. En él, se expuso un análisis de situación del estado de las áreas en el país, y entre los 16 participantes se convino en conformar una red nacional que reúna a científicos que trabajan en la materia. Se formaron comisiones de trabajo en donde los participantes formularon un documento preliminar con recomendaciones para un futuro **Programa de Áreas de Vacancia (PAV)**, que apuntaría a financiar áreas en las que el estado tuviese un particular interés. Este programa se inició en octubre de 2004, y financió la creación de redes en distintas áreas, entre ellas, Nanotecnología. La convocatoria cerró en marzo del 2005, y se terminaron financiando las primeras 4 redes de Nanotecnología. En todos los casos se trató de redes integradas por al menos tres nodos de grupos solamente de investigación. De esta manera, el estado intervino por primera vez directamente en el área, aunque sería más apropiado hablar de Nanociencias, por las tendencias fundamentalmente de ciencia básica de las redes conformadas.

También, en la reunión del 2004 de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias se organizó una mesa en donde se conversó sobre la necesidad de crear una red de Nanociencias y Nanotecnología para el Mercosur (Andrini & Figueroa, 2008). Esta reunión sentaría las bases para el proyecto de cooperación entre Argentina y Brasil en la temática.

Asimismo, en el año 2004 se terminó la discusión dentro de la comunidad científica y tecnológica de las bases para la elaboración de un plan nacional de ciencia y tecnología, que sirvieron de insumo para el plan nacional de CTI Bicentenario 2006-2010 elaborado por la ex SECyT. Para ello, se organizaron consultas en la comunidad para determinar áreas temáticas de interés para el gobierno, dentro de las cuáles se seleccionó a la Nanotecnología (SECyT, 2006), dado el promisorio impacto que la misma podría tener en el futuro del país.

A su vez, en el 2004 se comenzó a gestar la creación de lo que el entonces Ministro de Economía Roberto Lavagna denominó:

*“... un programa importante en materia de Nanotecnología en Argentina.”*

Como remarcan los físicos argentinos en su artículo (Andrini & Figueroa, 2008), este primer programa estaba centrado en un solo proyecto apadrinado por la empresa estadounidense Lucent Technologies. La misma, a cambio de los desarrollos por parte

---

<sup>110</sup>[http://www.secyt.gov.ar.wstub.archive.org/noti\\_taller\\_nanotecnologia.htm](http://www.secyt.gov.ar.wstub.archive.org/noti_taller_nanotecnologia.htm) Consultada el 18-03-2011.

de investigadores argentinos, ofrecía el desarrollo y producción de los productos en sus cuartos limpios de cientos de millones de dólares, que no se encontraban en el país. Esto, no iba a pasar inadvertido por la comunidad científica y tecnológica argentina.

### **2005:** Creación de la FAN y el CABNN.

Si el 2004 fue el año en el que se observaron las primeras señales sobre posible acciones por parte del estado, en el año 2005 se concretaron las primeras iniciativas.

Para empezar, el anunciado plan del Ministro Lavagna terminó en la creación oficial de la **Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN)** dependiendo del Ministerio de Economía y Producción. Esta decisión, si bien le permitió ganar mayor visibilidad al área, también hizo eclosionar reclamos desde distintos sectores de la comunidad debido a la forma y el objetivo de la fundación. La Asociación Argentina de Física, a través de comunicados de su comisión directiva, expresó sus dudas con respecto a los procedimientos utilizados para la creación de la FAN, y además, recalcó que el mundo de la Nanotecnología es muy amplio, y que se debería haber consultado con los investigadores que nichos son los más adecuados para desarrollar en el país antes de embarcarse en la financiación de un solo proyecto (Andrini & Figueroa, 2008). Del comunicado se desprende que la oposición no fue a la tecnología en sí, pero sí a la forma en la que se creó la institución, privilegiando una sola idea, cuyos beneficios iban ser explotados por una empresa extranjera. Además, el cuestionamiento sobre el procedimiento de creación de la fundación llegó a la Cámara de Diputados de la Nación por parte de la entonces diputada Lilia Puig de Stubrin, que solicitó los motivos por los cuales la FAN se creó por fuera del marco legal que regula las actividades de ciencia, tecnología e innovación productiva sin la participación de la ex-SECyT. De esta forma, la creación de la FAN creó un conflicto en la comunidad que no tardó en salir a la luz en algunos medios donde se cuestionó los motivos de su instauración<sup>111</sup>.

La segunda iniciativa institucional importante del año se completó en noviembre con la firma del protocolo de creación del **Centro Argentino Brasileiro de Nanociencias y Nanotecnologías**<sup>112</sup> (CABNN), que es un centro virtual, pues no tiene espacio físico asignado, que reúne a investigadores de Argentina y Brasil en pos de afianzar las relaciones y los intercambios en el área de N&N.

La implantación de la FAN y del CABNN le dio un nivel de visibilidad mayor a la comunidad nanotecnológica dentro de la sociedad Argentina. Esto puede estimarse a partir del incremento en la cantidad de artículos en los diarios, donde se empezaron

---

<sup>111</sup><http://www.elcomercioonline.com.ar/articulos/40004633-Asignan-10-millones-de-d%F3lares-a-dudosa-fundaci%F3n.html> Consultada el 08-04-2011.

<sup>112</sup>[http://cabnn.mincyt.gov.ar/doc/protocolo\\_CABN.PDF](http://cabnn.mincyt.gov.ar/doc/protocolo_CABN.PDF) Consultada el 08-04-2011.

a difundir más las aplicaciones de la Nanotecnología en diversas industrias<sup>113</sup>, introduciendo la temática al público en general<sup>114</sup>.

#### **2006:** Primera convocatoria a empresas

A partir de los conflictos que tuvieron lugar en el 2005, se produjeron cambios en la FAN, se canceló el proyecto único que motivó su creación, y se abrió la posibilidad de participación a distintas empresas. En agosto del 2006 se puso en funcionamiento el Consejo Asesor de la FAN, integrado por reconocidos científicos y tecnólogos del sistema de ciencia y tecnología Argentino que representaban a sus respectivas entidades(Andrini & Figueroa, 2008). En ese mismo mes, se abrió un concurso para la presentación de ideas proyecto, que en caso de ser aprobadas, pasarían a la etapa de formulación del proyecto, para acceder a un posible posterior financiamiento por parte de la FAN. Sin duda, esta convocatoria generó fuertes expectativas dentro del sector, pues según declaraciones de la entonces ministra de economía Felisa Miceli, la FAN financiaría entre el 50 y el 80% de los proyectos con un máximo de 2 millones de dólares por proyecto(Andrini & Figueroa, 2008).

Por último, en el 2006 la ANPCyT abrió la convocatoria del **Programa de Áreas Estratégicas (PAE)**, cuyo fin fue financiar proyectos en las áreas estratégicas definidas en el Plan Nacional de CTI 2006-2011. A diferencia de la convocatoria del 2004 de los PAV, los PAE buscaron financiar proyectos que apunten no sólo a generar conocimiento, sino también a solucionar problemas productivos y/o sociales considerados prioritarios. Para ello, en el primer caso se pidió la participación de al menos tres entidades públicas o privadas sin fines de lucro dedicadas a la I+D vinculadas con empresas del sector económicos cuyo problema se pretendía resolver. En cambio, para proyectos con impacto social, las instituciones de I+D se tenían que vincular con entidades representativas de la sociedad civil vinculadas al problema en cuestión. Sin duda, este requisito específico de los PAE buscaba motivar e impulsar aún más a que los proyectos de I+D con fines productivos puedan llegar a la práctica por intermedio de empresas. Sin embargo, según las bases de la convocatoria<sup>115</sup>, los actores con los cuáles se vincularían las entidades de I+D les era suficiente manifestar un interés en los desarrollos del proyecto, sin necesariamente exigirse su uso tras la finalización del proyecto. Lo cual no necesariamente aseguraba su posterior aplicación empresarial. De todas formas, al comparar con las redes de los PAV, el requisito fue un paso más para crear redes con fines productivos, y entre los proyectos seleccionados se financiaron dos de Nanotecnología.

---

<sup>113</sup><http://edant.clarin.com/diario/2005/05/04/conexiones/t-969912.htm> Consultada el 08-04-2011.

<sup>114</sup><http://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-53325-2005-07-06.html> Consultada el 09-04-2011.

<sup>115</sup>[http://www.agencia.gov.ar/IMG/pdf/pae2006\\_ip\\_bases.pdf](http://www.agencia.gov.ar/IMG/pdf/pae2006_ip_bases.pdf) Consultada el 09-04-2011.

**2007:** Primer congreso Nanomercosur.

Se destaca por la realización del primer congreso de la Nanotecnología Argentina, el Nanomercosur 2007<sup>116</sup>, que estuvo abierto a personas trabajando en la temática y también al público en general con el fin de interrelacionar las empresas con los grupos de investigación y desarrollo. El congreso fue organizado por la FAN bajo el lema “Ciencia, empresa y medio ambiente”, y se realizaron exposiciones en paneles sobre distintos temas en donde disertaron mayoritariamente expertos nacionales, con la participación de algunos especialistas del exterior<sup>117</sup>. A su vez, el congreso también tuvo la modalidad de feria, con varios stands de grupos de I+D y de las pioneras empresas en el área. Este evento sin duda ayudó a difundir las potencialidades de la Nanotecnología, y tuvo varias repercusiones en los medios periodísticos, que transmitieron resúmenes del evento a la sociedad<sup>118</sup>.

Otro evento importante ocurrió a fines del 2007, donde a partir del gobierno de la Dra. Cristina Fernández de Kirchner, la SECyT se convirtió en Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, incrementando la importancia de las políticas estatales en estas actividades. A su vez, la FAN pasó a depender del MINCyT<sup>119</sup>.

Además, en el 2007 se creó el Centro Interdisciplinario de Nanociencias y Nanotecnologías<sup>120</sup>, que fue financiado a partir de los PAV del año previo, y permitió juntar en una red a investigadores de la universidad de Buenos Aires, de la Universidad de la Plata, de la Comisión Nacional de Energía Atómica y a las empresas INVAP, Nanotek, Darmex y ByW implantes dentales. También, a partir del otro proyecto financiado por los PAV, se creó la red nanotec, o “Nodo para el diseño, fabricación y caracterización de micro y nanodispositivos para aplicaciones en el área espacial, la seguridad y la salud”. En este caso la red unió investigadores de la CNEA, CONAE, INTI, de la Universidad Nacional de San Martín y del Sur, junto con el Laboratorio Craveri SAIC. y Aupet SA.

Por último, dentro de la CNEA se creó el Instituto de Nanociencias y Nanotecnologías<sup>121</sup> (INN), que agrupa a todos los investigadores de la institución que se encuentran en distintas área y programas, pero que están unidos por llevar proyectos de I+D en la nanoescala.

---

<sup>116</sup>[http://www2.mecon.gov.ar/fan/nano2007/encuentro\\_programa.htm](http://www2.mecon.gov.ar/fan/nano2007/encuentro_programa.htm) Consultada el 17-04-2011.

<sup>117</sup>Entre ellos se encontraron: Nanotecnología y Medio Ambiente; Microelectrónica y microdispositivos; Cooperación tecnológica en el Mercosur; Redes en Nanotecnología; Nanomedicina; Inversores en Nanotecnología; las PyMEs y las oportunidades de desarrollo vinculadas con la Nanotecnología; Políticas públicas.

<sup>118</sup><http://www.lanacion.com.ar/932679-para-sonar-en-grande> Consultada el 17-04-2011.

<sup>119</sup><http://www.fan.org.ar/novedades.htm> Consultada el 17-04-2011.

<sup>120</sup>[http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota\\_id=934359](http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=934359) Consultada el 19-04-2011.

<sup>121</sup><http://inn.cnea.gov.ar/> Consultada el 19-04-2011.

Es decir que el 2007 se caracterizó por el primer gran evento de la Nanotecnología en Argentina, y el florecimiento de más redes de trabajo en el tema, con las mismas tendiendo incipiente y lentamente a una mayor colaboración con el sector privado.

**2008 – 2009:** Nanotecnología como una de las prioridades del MINCYT.

A inicios del año 2008, el primero ministro de ciencia, tecnología e innovación productiva del país, el Dr. Lino Barañao, empezó su gestión definiendo a la Nanotecnología como una de las tres “plataformas tecnológicas” prioritarias del MINCYT. Esta selección de la temática como prioritaria para el nuevo ministerio sin duda sumó más interés en la Nanotecnología en el país y aumentó las expectativas por parte de los actores pertenecientes al SNA.

En el 2009, la FAN volvió a organizar el evento Nanomercosur, reuniendo en sus stands tanto a empresarios como a científicos y tecnólogos para discutir y exponer en mesas sobre distintos temas<sup>122</sup>, y en el congreso el MINCYT difundió la primera publicación a nivel gubernamental, BET Nanotecnología (MINCYT, 2009), que describe el área, nombrando los actores principales, describiendo el contexto internacional, las instituciones en el país, mencionando algunas patentes solicitadas y los resultados de estudios de prospectiva, entre otras cuestiones. En los medios de comunicación hubo varias repercusiones sobre el evento<sup>123-124</sup>.

**2010:** Aumenta la magnitud del financiamiento.

En el 2010 ocurrieron una serie de nuevos eventos que llevaron al SNA por otros senderos de desarrollo.

Posiblemente, uno de los más importantes fue la apertura de la convocatoria sobre Nanotecnología del nuevo fondo de la ANPCyT, el **Fondo Sectorial Argentino (FONARSEC)**. La convocatoria, denominada FS NANO 2010, apuntó a financiar proyectos productivos de asociaciones público privadas de hasta 10 millones dólares por proyecto. Esta magnitud representó un salto cuantitativo fuerte con respecto a los niveles de financiamiento que se venían otorgando en el pasado, ya que, por ejemplo, el presupuesto total de la FAN en su creación era de 10 millones de dólares, y en cambio, en esta convocatoria cada proyecto podría ser asignado esa suma.

También, en el 2010 el MINCYT empezó a trabajar en un nuevo Plan Nacional de CTI para los años 2012-2015. En este caso, el enfoque consiste en ver como impactarían las tres plataformas tecnológicas del MINCYT en otras áreas y sectores

---

<sup>122</sup> Entre ellos, sobre las distintas aplicaciones de la Nanotecnología en sectores industriales como en: Alimentos y agroindustria; Cosmética; Medioambiente y salud; Energía; Industria farmacéutica y veterinaria; Industria textil; Regulaciones, normalización y ética en Nanotecnología; Instrumentos de financiación e inversores privado; y Políticas en Nanotecnología.

<sup>123</sup> <http://edant.clarin.com/diario/2009/07/20/elpais/p-01961883.htm> Consultada el 24-04-2011.

<sup>124</sup> <http://www.lanacion.com.ar/1158805-cronicas-del-mundo-nano> Consultada el 24-04-2011.

industriales. El fin es darle continuidad a las políticas llevadas a cabo por el ministerio, manteniendo el apoyo de la Nanotecnología en el futuro<sup>125</sup>.

Por último, la FAN empezó a realizar nuevas actividades con el fin de acercar los resultados de las investigaciones en el país a la industria, difundiendo las bondades y las posibilidades en el sector privado de la Nanotecnología. Para ello se realizó un par de encuentros sobre “La Nanotecnología para la Industria y la Sociedad”<sup>126</sup> en distintas regiones del país, como en Comodoro Rivadavia y en Campana. Además, a fines del 2010 se ha invitado a emprendedores en Micro y Nanotecnología a sumarse a un nuevo programa de incubación de empresas dentro de la FAN<sup>127</sup>.

---

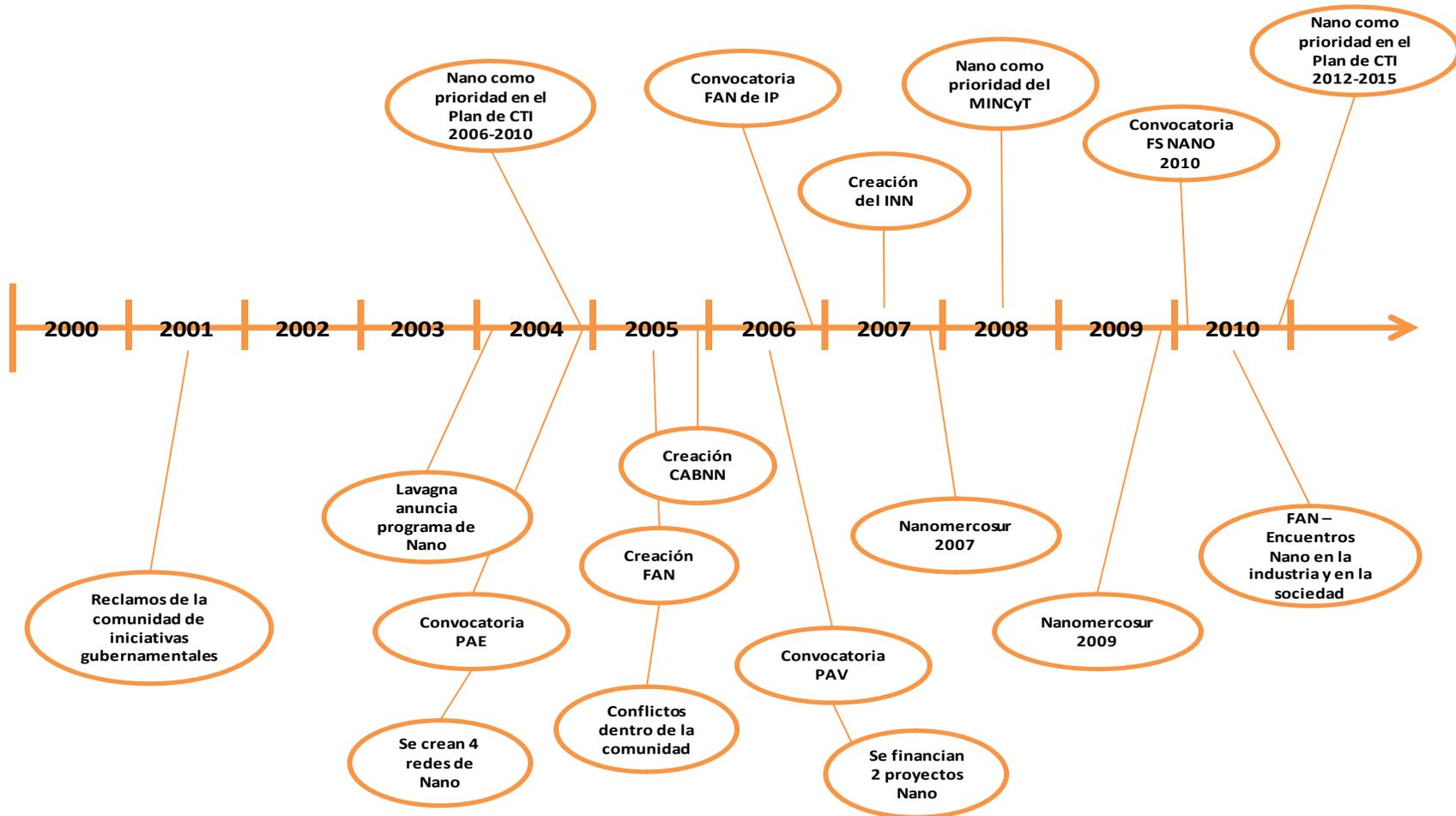
<sup>125</sup>[http://www.mincyt.gov.ar/noticias/noticias\\_detalle.php?id\\_noticia=25](http://www.mincyt.gov.ar/noticias/noticias_detalle.php?id_noticia=25) Consultada el 24-04-2011.

<sup>126</sup><http://www.fan.org.ar/novedades.htm> Consultada el 29-04-2011.

<sup>127</sup>[http://www.fan.org.ar/pdf/Invitacion\\_FAN.pdf](http://www.fan.org.ar/pdf/Invitacion_FAN.pdf) Consultada el 29-04-2011.

A modo de síntesis, en la Figura 5.6 se resumen los substanciales eventos que ocurrieron en cada año.

**Figura 5.6:** Línea de Tiempo de los Principales Eventos del SNA



## **5.2 –Componentes del Sistema Nanotecnológico Argentino:**

Tras la descripción sobre la evolución del sistema, a continuación se estudia con mayor detenimiento cada uno de los elementos que componen lo que se ha denominado como Sistema Nanotecnológico Argentino (SNA). Para ello, el enfoque operativo se inspira en la separación entre instituciones del sector gubernamental, empresas y centros y grupos de I+D del sector académico mencionados en el Capítulo 2. Se analizaron las 15 entrevistas en profundidad con actores del SNA que gentilmente colaboraron con la investigación y se dividió el análisis en 6 secciones, comenzando con una primera sección dedicada a aquellos conceptos y relaciones enteramente vinculadas con las N&N. Luego, se analiza la disponibilidad y características de la formación de los recursos humanos en el área, mientras que en la tercera sección indaga sobre las percepciones de los entrevistados sobre la infraestructura y el equipamiento disponible y necesario para las actividades de I+D y de producción. En la cuarta sección se aborda la temática de la Cooperación, tanto entre grupos de I+D como entre grupos y empresas, por lo cual se consideran aspectos sobre la transferencia de tecnología. En la quinta sección el análisis se aboca a describir las principales instituciones y las fuentes de financiamiento para el SNA. Por último, en la sexta sección se sintetizan los principales hallazgos con respecto a las expresiones de los entrevistados sobre las políticas actuales y faltantes en el país para la promoción de la N&N.

### **i. Nanociencias y Nanotecnologías:**

En cuanto a las preguntas específicas sobre N&N, en las entrevistas se indagó sobre un conjunto de conceptos y temas que son de interés particular para entender la dinámica actual y futura en este campo. Entre ellos, se trató: a) los desafíos existentes para definir que es la Nanotecnología, b) sobre el exceso de expectativas sobre las potencialidades de la Nanotecnología, c) si efectivamente es una tecnología de propósito general, d) sobre las prioridades en el área en Argentina, e) el tema de la convergencia tecnológica entre bio, nano y tics, f) las diferencias entre las técnicas de *Top-Down* y *Bottom-Up*, g) ética en Nanotecnología, h) los desafíos que representa la posible toxicidad de los nanoelementos, y por último, un listado de las principales líneas de I+D y sus áreas de aplicación según los comentarios de los entrevistados consultados.

#### **a. Sobre la definición de la Nanotecnología:**

A partir de las entrevistas se evidenció que a nivel nacional tampoco está saldada la cuestión sobre que sí se considera y que no como Nanotecnología, y esto coincide con la falta de una definición clara descripta en el Capítulo 3. Por ejemplo, uno de los entrevistados remarcó lo siguiente:

*“...es todo una discusión. Todo lo que tenga menos de 100nm es nano, pero da la casualidad que ninguna de las propiedades nano es ya válida a los 100nm. Por ejemplo, el confinamiento cuántico que son los quantum dots, no hay a más de 10nm. Propiedades super paramagnéticas, depende del material, pero no suele ocurrir a más de 25nm, de ahí en más ya tiene propiedad magnética permanente. Ya a los 25 o 30nm las propiedades se perdieron. De ahí a 100nm es otro mundo... pasa que la iniciativa yanqui puso ese límite de los 100nm que es totalmente arbitrario. Así que incluso que es lo nano es una cosa arbitraria. Y para que usarlo por ahí uno no tiene que usar algo nano, o por ahí uno está usando algo nano que no tiene propiedades en la nanoescala, así que es muy difícil el campo en ese sentido, pues se mezcla la cuestión de marketing.”*

Si bien algunas de las definiciones suelen recalcar que la característica esencial es la aparición de nuevas propiedades físicas y químicas en el trabajo en esta escala, varios de los entrevistados sostuvieron que la definición debería ser más amplia e incluir elementos que se encuentren por fuera de la escala de los nanómetros. Uno de los puntos de conflicto en la discusión de la definición, tanto a nivel mundial como a nivel nacional, es sobre la inclusión o no de los MEMS (Sistemas Micro electromecánicos) en ella. En efecto, en una de las entrevistas se señaló que:

*“En la argentina la mayoría de las cosas de nanotecnología están mezcladas con microtecnología, porque a la argentina hay cosas que le faltaron en micro. Pero son cosas que las tenemos que tener, el tema de los integrados, los MEMS, etc. Eso es lo que le hace falta en el país, ponele el nombre que quieras, el resto es una cuestión de definición. Pero hay algunos que no quieren mezclar los MEMS con la Nanotecnología. Acá si lo vamos a mezclar y me parece que está bien.”*

No obstante, si uno se atañe a la aparición de nuevas propiedades en la escala nanométrica, los MEMS no serían Nanotecnología. Pero teniendo en cuenta que los desarrollos de los MEMS siguen una trayectoria tecnológica de miniaturización, es decir el *Top-Down*, las técnicas y conocimientos desarrollados si serían la base para continuar desarrollando NEMS (Sistemas Nano electromecánicos). Por lo tanto, los defensores de la inclusión de esta tecnología argumentan que el incremento de las capacidades en MEMS redundaría en avances en Nanotecnología. Esto se debe a la existente interdependencia entre ambas. Por ejemplo: los instrumentos para visualizar la materia a escala nanométrica, como el microscopio de fuerza atómica o el de efecto túnel, se basan ambos en dispositivos MEMS, y además, muchas tecnologías MEMS son a su vez dependientes de los avances tecnológicos en la Nanotecnología<sup>128</sup>, aunque no deja de ser un punto de debate.

---

<sup>128</sup><http://www.mems-exchange.org/MEMS/what-is.html> Consultada el 15-05-2011.

**b. Sobre el exceso de expectativas sobre las potencialidades de la Nanotecnología:**

Ante la pregunta que indagaba sobre si existe un exceso de expectativas a nivel mundial sobre las potencialidades de la Nanotecnología, el grupo de entrevistados presentó similares respuestas al respecto. Esencialmente se afirmó que efectivamente se han difundido un exceso de expectativas sobre la capacidad de la Nanotecnología de resolver múltiples problemas y de mejorar sustancialmente diferentes productos y procesos productivos. Se pudo vislumbrar que el origen de estas expectativas podría tener su raíz en la necesidad de la comunidad científica y tecnológica de atraer fondos para la puesta en marcha de nuevos proyectos que permitan acrecentar las bases de conocimiento sobre este conjunto de tecnologías. Bajo este supuesto, esta abundancia de expectativas no es otra cosa que una estrategia de marketing para incrementar las fuentes de financiamiento y el interés de la comunidad política y de la sociedad para el impulso a nuevas líneas de investigación y desarrollos tecnológicos, tal como destacó el siguiente entrevistado:

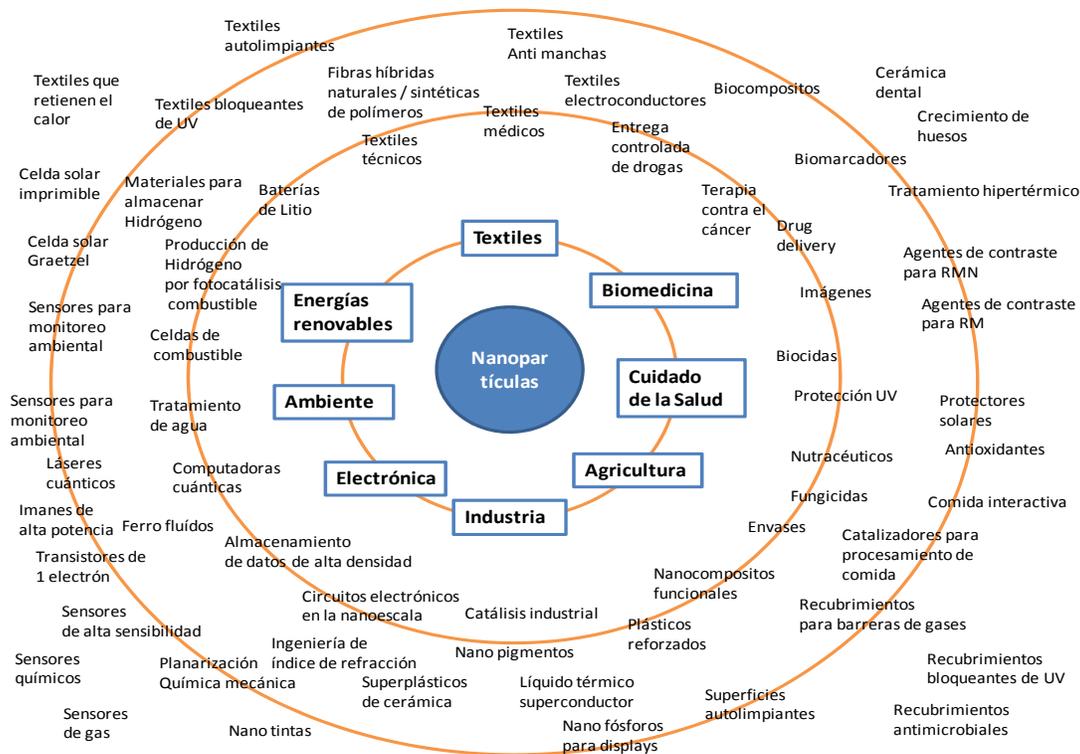
*“...seguro que es un tema que se ha puesto de moda. Y como todas las cosas de moda, hay sobreventa, pero eso no desmerece de que haya mucha potencialidad. Hay mucha gente trabajando en el área, pero si, en la actualidad hay sobreventa. Y lo que es más difícil es preveer a nivel tecnológico en donde va a saltar la liebre, cuales son los productos en donde la nanotecnología va a tener mayor impacto.”*

Y frente a esta incerteza sobre las líneas de I+D que tendrán mayor impacto, los entrevistados remarcaron que se mezclan líneas con objetivos más irrealistas, como por ejemplo el caso de los nanorobots que permitirían construir cualquier objeto que uno se imagine átomo por átomo, con otras líneas más prácticas. Y justamente esta mezcla es lo que distorsiona las verdaderas posibilidades de la Nanotecnología y sus impactos, generando más expectativas de las que verdaderamente podrá cumplir.

**c. Tecnología de Propósito General:**

Al examinar si la Nanotecnología es una tecnología de propósito general, los entrevistados consultados claramente coincidieron en que si lo es. El argumento usualmente esgrimido por los entrevistados fue que, en base a su experiencia profesional, la Nanotecnología abarca un conjunto de tecnologías que son multipropósito, aplicables en diversos sectores industriales. Un ejemplo paradigmático mencionado en reiteradas entrevistas fue el de las nanopartículas, que se encuentran actualmente muy en boga ya que pueden ser utilizadas de distintas formas, como para que: el agua no se queda adherida a los vidrios (fenómeno conocido como efecto loto), las pinturas sean capaces de eliminar las bacterias en su superficie, o en

múltiples aplicaciones médicas para dirigir fármacos a los órganos o células deseadas, entre varias otras posibilidades que se mencionan en la Figura 5.7. Al ser tan abarcativa, los entrevistados auguraron que la Nanotecnología no se transformaría en sí en una industria específica, sino que sería transversal a las ya existentes, en donde los nuevos conocimientos basados en los avances científicos y tecnológicos, fundamentalmente de física y química, redundarían en nuevas o mejoradas formas de producción en las industrias y cadenas de valor preexistentes.



**Figura 5.7:** Aplicaciones industriales de las nanopartículas. Elaboración propia en base al Gráfico obtenido de la Universidad Deakin de Australia<sup>129</sup>.

#### **d. Definición de Prioridades en Nanotecnología:**

En varios casos se recaló que priorizar en donde enfocar los esfuerzos en Nanotecnología a nivel nacional es aún una cuenta pendiente y muy necesaria para saber a dónde se quiere llegar y al mismo tiempo para alinear esfuerzos y voluntades. Se mencionó que no se han hecho debates entre los expertos para definir qué áreas son más promisorias, se comentó que esto fue soslayado posiblemente para evitar una mezcla de los intereses de la comunidad con los intereses personales de investigación de los científicos. Si bien algunos investigadores coincidieron con este argumento, hay otros que discrepan y refutan que hay

<sup>129</sup> Accedido el 12-12-2010 desde <http://www.deakin.edu.au/itri/nanotechnology/nanoparticles.php> Consultada el 15-05-2011.

muchos investigadores que ya tienen sus carreras desarrolladas y que posiblemente podrían opinar sobre qué áreas son más prometedoras para que la Argentina apueste por ellas con fines productivos. También, algunos entrevistados observan con desconfianza los temas que se quieren colocar en la agenda política por parte de las autoridades, y destacan la necesidad de contar con metodologías más representativas y participativas al momento de definir las prioridades en Nanotecnología a nivel nacional que contemplen la realidad industrial del país. Cabe aclarar que si bien al momento de la realización del trabajo de campo no había una definición de áreas a nivel nacional, si se habían establecido prioridades para las áreas en la presentación de la convocatoria al fondo FONARSEC de Nanotecnología, (que se detallará en la quinta sección de este capítulo). No obstante, los entrevistados comentaron que se desconocían los pasos seguidos y la fundamentación para la elección de las mismas.

Asimismo, y en relación con el establecimiento de prioridades, en algunas entrevistas se destacó que hay ciertas áreas de la Nanotecnología que están teniendo más visibilidad en desmedro de otras existentes en el país. Por ejemplo, se remarcó que originalmente la disciplina fue dominada por los físicos y químicos, dejando en un segundo plano los posibles avances y contribuciones que se podrían hacer desde la biología. Este es un problema de visibilidad de áreas, y que está condicionado por las redes de influencia y de poder existentes en la comunidad de N&N en el país, que entorpecería el desarrollo de posibles aplicaciones que podrían ser de interés a nivel nacional.

**e. Convergencia Tecnológica:**

En algunas entrevistas se recalcó el tema de la convergencia tecnológica entre la Nanotecnología, la biotecnología y las TIC. Esta observación trae a colación que muchos de los proyectos de I+D que se etiquetan o que contienen el prefijo “nano”, a su vez incluyen y/o utilizan desarrollos y avances ya sea en biotecnología y/o TIC. Un par de entrevistados mencionaron esta situación al momento de decidir a cuál de las convocatorias de los Fondos Sectoriales del MINCyT presentarse, pues sus proyectos podrían ser aprobados tanto en el FS NANO, como en el FS BIO o FS TIC. Estas declaraciones sugerirían que en Argentina se sigue la tendencia mundial aludida en el Capítulo 3 sobre el entrelazamiento de ciertos conocimientos y avances de áreas transversales de la ciencia y la tecnología, como los son las Bio, Nano y TIC, y la misma podría ser fomentada aún más con políticas integradores que promuevan una polinización entre áreas.

**f. Top-Down y Bottom-Up:**

En las entrevistas se discutió sobre las dos formas principales de encarar los avances en N&N mencionadas en el Capítulo 3, las técnicas de *Top-Down* o miniaturización en comparación con las técnicas de *Bottom-Up*. Los entrevistados expresaron que en las primeras se suele seguir la línea de reducción de los tamaños de los circuitos electrónicos o de los MEMS con el fin de llegar a dimensiones nanométricas en donde se presenten nuevas propiedades. Estas técnicas son muy intensivas en equipamiento pues se necesitan instrumentos muy costosos para la reducción y manipulación precisa de los objetos en escalas pequeñas. En cambio, las técnicas de *Bottom-Up*, que suelen ser utilizadas con más frecuencia por químicos y biólogos, no dependen tanto de los equipos pues utilizan conocimientos tecnológicos y herramientas más estándar. Por tal motivo, gran parte de las primeras aplicaciones nanotecnológicas provienen de estas técnicas, como lo son los recubrimientos superficiales. No obstante, en esta cuestión entra el tema de la definición imprecisa de Nanotecnología, pues al consultar con algunos expertos la importancia de estos dos grupos de técnicas, la respuesta es dependiente de la visión de la nanotecnología del experto en cuestión. Por ejemplo, un especialista en métodos de *Top-Down* señaló lo siguiente:

*“El área que viene de los químicos o de los biólogos, el Bottom-Up, yo creo que sin duda van a ser las primeras aplicaciones comerciales, de hecho las cosas que uno podría decir que hay ahora vienen de ahí, porque desde el punto de vista tecnológico de fabricación de las cosas, no se requieren inventos de máquinas nuevas ni de modelos, hay que entender las cosas que salen y demás, pero los nanoencapsulados para remedios o drug delivery o partículas de plata para bactericidas están fabricadas a partir de procesos estandarizados, ya conocidos. En cambio el Top-Down, el desafío de llegar a la escala nanométrica implica una inversión y un desafío tecnológico muy grande. Uno sabe que la tecnología apunta para ese lado y apuesta a que dentro de cinco años va a ser algo estándar, pero no es algo que uno pueda fácilmente preveer. Los trabajo en el área de Nanotecnología están en nuevos métodos de fabricar, de depositar cosas chicas, la parte de control en la fabricación es importante.”*

Es decir que relativiza la novedad de las técnicas *Bottom-Up* en desmedro de las *Top-Down*. Mientras que un especialista de métodos *Bottom-Up*, si bien coincide en que estos métodos son más bien estándar, difiere en cuanto a la concepción de los métodos *Top-Down*:

*“El Top- Down, lo que se está haciendo es miniaturización, no se está haciendo nanotecnología. La precisión de un circuito, el Intel 7 es 32 nm. Es decir que en un transistor, la distancia que tiene que recorrer un electrón desde que sale hasta que llega a donde tiene que llegar, esa distancia son 32 nm. El gate de un transistor de un Intel 7 tiene 32 nm, es decir que hay*

*una máquina que puede escribir con una precisión de 5nm para hacer ese canal, ahora no es un efecto de la escala nano, el electrón se transmite como en un transistor grande. Hay que distinguir la precisión nanométrica de las propiedades.”*

Los entrevistados, en general si coinciden que el gran salto, la innovación y revolución tecnológica probablemente se dará en la interfase de las técnicas de *Top-Down* con *Bottom-Up*, permitiendo realizar aplicaciones muy prometedoras como memorias de computadora en base a Nanotecnología o circuitos que pueden detectar bacterias de forma específica. Por lo cual, estas diferencias entre las dos formas de realizar avances y desarrollos en N&N tendrían que ser contempladas en el diseño de políticas públicas, pues hay especificidades para cada una de ellas que podrían requerir de distintos tipos de instrumentos de política.

**g. Ética y Percepción Pública de la Nanotecnología:**

Varios de los entrevistados mencionaron la importancia de incrementar los esfuerzos en el área de los estudios sobre la ética y percepción pública de la Nanotecnología, campos que cubren preguntas éticas como: ¿Sobre qué temas se debería y sobre cuáles no investigar?, ¿Se debe aplicar el principio de precaución?, y preguntas sobre percepción como: ¿Qué impacto tendrán en la sociedad los Nanotubos de Carbono? ¿Cómo evitar los riesgos de materiales en escalas no visibles?, entre otras. Todas estas son preguntas que no tienen aún respuestas o lineamientos que sirvan como guía al momento de encararlas en los procesos de investigación y desarrollo.

Para el caso de la ética no es un tema completamente verde en Argentina, al contrario, ya hay indicios de trabajos en el tema y esto en parte se debe a las repercusiones de un artículo periodístico del 2005<sup>130</sup>, que desató otra polémica dentro de la comunidad científica nacional. En el mismo se denunció que había al menos tres proyectos de investigación desarrollados por científicos en instituciones públicas argentinas que recibieron fondos de la Armada de los Estados Unidos, entre ellos, uno de Nanotecnología. El artículo puso sobre la mesa la discusión ética sobre los temas en los que se debería o no investigar y las fuentes de financiamiento. Ya que en estos casos los científicos podrían estar contribuyendo en proyectos militares de naciones extranjeras con el sólo fin de conseguir dinero para sus proyectos. Ante esta situación, el **Comité Nacional de Ética en Ciencia y Tecnología (CECTE)** destacó la necesidad de iniciar un debate importante para considerar las relaciones entre la sociedad y el estado, elaborando documentos al respecto (Andrini & Figueroa, 2008), que sumó más puntos a discutir en el tema emergente de la ética y también de la percepción pública en N&N.

---

<sup>130</sup><http://www.pagina12.com.ar/diario/elpais/1-56973-2005-09-25.html> Consultada el 15-05-2011.

En este contexto, en Agosto de 2008 el CECTE, dependiente del MINCyT, organizó una conferencia de especialistas Argentinos y Brasileños, también participando en la organización la FAN, el CABNN y el Programa Argentino-Brasileño de Ética en Ciencia y Tecnología. El fin de la conferencia fue avanzar en la discusión y adopción de un código de conducta para la investigación responsable en el área<sup>131</sup>, que además permita prevenir riesgos y difundir los nuevos conocimientos para evitar los temores que se suelen generar en la sociedad ante desinformaciones sobre las nuevas tecnologías. El mismo se inspiraría en el código que fue adoptado en febrero de 2008 en la Unión Europea y que está siendo discutido en el seno del CECTE, entre cuyos temas de estudio se encuentra “Lineamientos de conducta responsable en la investigación en Nanociencia y Nanotecnologías”<sup>132</sup>. Según la página web del CECTE, actualmente el código se encuentra en discusión dentro del ámbito del MINCyT para luego ser presentado y discutido con pares Brasileños.

Asimismo, la CNEA se encuentra participando en el proyecto NANOCODE<sup>133</sup> de la Unión Europea, que busca definir y desarrollar un marco que promueva la implementación a nivel Europeo y en otros países de un Código de Conducta en N&N. La participación en este tipo de proyectos internacionales sin duda es relevante, pues permite adquirir conocimientos sobre las nuevas formas en discusión para la gestión de los cambios a nivel tecnológico y en la sociedad que traerán aparejadas las N&N.

#### **h. Toxicidad:**

El estudio de los posibles efectos toxicológicos de las diferentes Nanotecnologías, campo de estudio denominado Nanotoxicología, fue un tema de relevancia para los entrevistados. A nivel Europeo se están dedicando grandes esfuerzos a estudiar los efectos nocivos de las mismas, por ejemplo en la elaboración de bases de datos sobre cómo afectan las nanopartículas en el ambiente y en la salud<sup>134</sup>. Se remarcó que estos estudios son importantes pues la sociedad necesita saber los posibles peligros que puede haber en el manejo y uso de elementos en esta escala. No obstante, estos estudios requerirán de grandes esfuerzos por parte de la comunidad científica y tecnológica pues será necesario conocer las propiedades de los materiales en función del cambio de escala. Uno de los entrevistados ilustró esta situación con el siguiente ejemplo:

*“...el dióxido de titanio no es tóxico. Pero, el dióxido de titanio nanoestructurado puede serlo. Depende de donde esté dispersado, si le da o no la luz, del tamaño, de la lejanía de la interfase. Ahora, el dióxido de titanio se usa en las pinturas*

<sup>131</sup> <http://www.cecte.gov.ar/conferencias-seminarios-y-talleres/> Consultada el 15-05-2011.

<sup>132</sup> <http://www.cecte.gov.ar/temas-en-estudio/> Consultada el 15-05-2011.

<sup>133</sup> <http://www.nanocode.eu/content/section/5/39/> Consultada el 15-05-2011.

<sup>134</sup> [http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=EN\\_NEWS&ACTION=D&DOC=1&CAT=NEWS&QUERY=01225a91457f:a5d0:0e74cf12&RCN=30987](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=EN_NEWS&ACTION=D&DOC=1&CAT=NEWS&QUERY=01225a91457f:a5d0:0e74cf12&RCN=30987) Consultada el 15-05-2011.

*desde principios del siglo pasado. ¿Cuándo es tóxico o no? Cuestión de tamaño. Entonces tenés que analizar la estructura de algo en función de su tamaño, hay que reescribir la toxicología. Lo cual es un laburo inmenso, y de hecho hay mucha plata para eso a nivel mundial. Pero es un trabajo muy aburrido, muy sistemático, no es apasionante, pero es necesario.”*

Por ende, los esfuerzos en esta área serán indispensables para el uso adecuado y responsable de la Nanotecnología en los actuales y futuros productos y procesos industriales y así evitar errores que vuelquen la percepción pública en contra de la Nanotecnología. Por ejemplo, al no tener estas precauciones en cuenta, en el 2008 se presentó una denuncia popular en Estados Unidos en contra del uso de nanopartículas de plata en lavarropas pues tenían un efecto nocivo sobre el ambiente<sup>135</sup>, lo cual generó desconfianza y preocupación en ciertos segmentos de la sociedad ante las aplicaciones de la Nanotecnología.

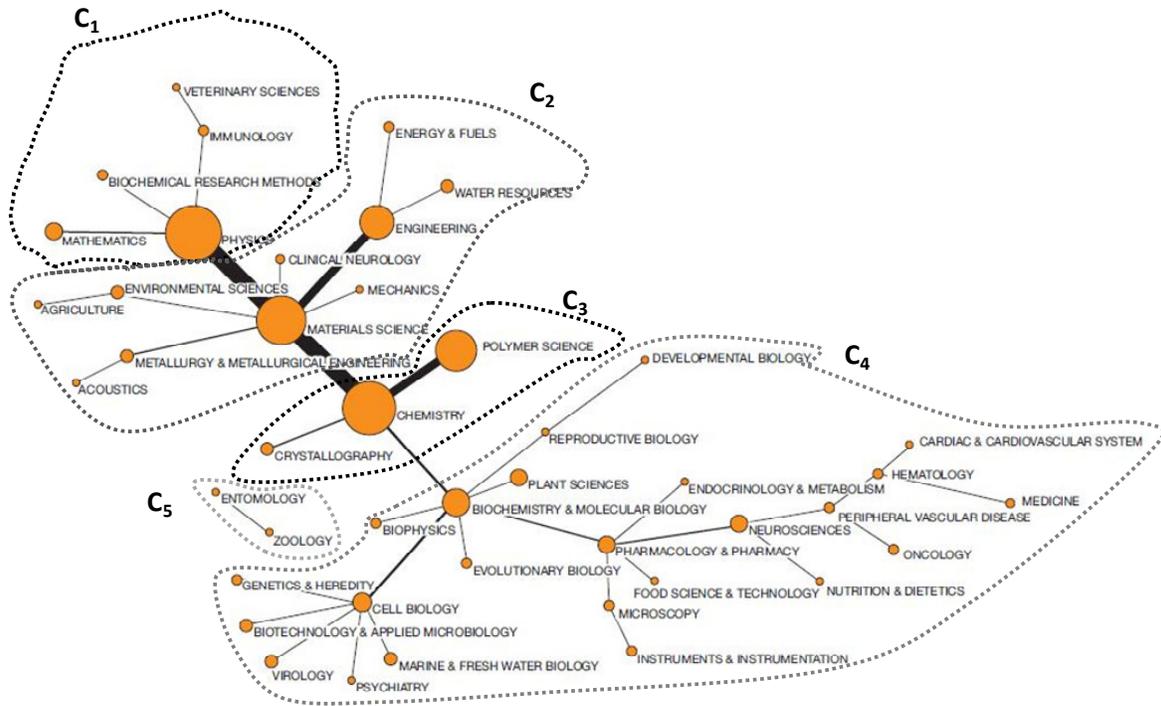
#### **i. Áreas de I+D:**

Ante la escasez de información sistematizada, para estudiar las áreas más desarrolladas y promisorias de I+D de Nanotecnología en el país, se utilizaron distintos métodos y fuentes.

Una forma para indagar sobre las áreas actuales fue estudiar por medio de una red de disciplinas la producción científica en Nanotecnología de los grupos y centros nacionales, ya que así se puede observar a grandes rasgos que disciplinas son las que están más desarrolladas a nivel científico. La Figura 5.8 muestra la red de disciplinas Argentina para el año 2007 elaborada por la RICyT a partir de las co-citaciones de las publicaciones Argentinas en Nanotecnología utilizando la clasificación disciplinar que le asigna el *SCI* a las revistas donde fueron publicadas. El tamaño de los nodos es proporcional a la cantidad de publicaciones en las disciplinas, mientras que los lazos traen a colación la cantidad de co-citaciones entre disciplinas.

---

<sup>135</sup><http://www.jornada.unam.mx/2008/05/13/nano.html> Consultada el 15-05-2011.



**Figura 5.8:** Red de disciplinas en Nanotecnología de Argentina en 2007. Obtenido de (RICyT, 2008).

De la Figura se desprende que 6 nodos (Química, Física, Ciencia de Materiales, Ciencia de los Polímeros, Ingeniería, y Bioquímica y Biología Molecular) representan a las disciplinas principales de la red Argentina.

El estudio de la red en la publicación de la RICyT (RICyT, 2008) remarca que la estructura o forma de la misma es similar a la red Iberoamericana y Mundial, conteniendo las principales disciplinas, aunque cuenta con una complejidad y diversificación mucho menor, lo que muestra un campo consolidado pero que no alcanza aún el grado de desarrollo de la frontera científica.

A su vez, se puede interpretar a la red como si estuviera compuesta por los siguientes 5 clústeres de disciplinas que permiten ordenar las comunidades de investigación que hay en el país en la temática.

C<sub>1</sub>) Una comunidad está compuesta por las investigaciones realizadas principalmente en física básica, que incluye a los grupos de investigación dedicados a física del estado sólido.

C<sub>2</sub>) Una segunda comunidad incluiría a los investigadores especializados en temáticas de ciencias de los materiales e ingeniería, incluyendo temas de energía, metalurgia y ambientales.

C<sub>3</sub>) La tercera comunidad cubriría las investigaciones realizadas aplicando principalmente las ciencias químicas e incluyendo también los estudios de estructuras poliméricas.

C<sub>4</sub>) El cuarto clúster se desprende del nodo de bioquímica y biología molecular de la Figura 5.8. Este nodo ocupa un lugar importante en la red, pues presenta 23 conexiones con otras disciplinas y englobaría las comunidades que abordan las N&N desde el lado de la biología celular, la farmacología y farmacia.

C<sub>5</sub>) El quinto clúster sólo tiene dos nodos y se encuentra desconectado de los otros 4 y corresponde a las disciplinas de zoología y entomología.

La segunda fuente de información fue la consulta directa con los investigadores, tecnólogos y empresarios entrevistados con respecto a su opinión sobre cuáles son las áreas de I+D más promisorias en función de sus posibles aplicaciones industriales en el tejido industrial nacional. Si bien se entrevistó a un subconjunto del total de actores en el área de nanotecnología, y por ende, se pudo haber soslayado alguna área, los resultados obtenidos y que se describen a continuación sin duda muestran una diversidad de líneas de I+D y de posibles aplicaciones que indican una buena representación de las posibles aplicaciones a nivel nacional<sup>136</sup>:

- **Industria Química y otras aplicaciones en superficies**: Como se observó en la red de la Figura 5.8, una de las comunidades que más producción científica realiza a nivel nacional es la del área química. La consultas reflejaron una multitud de líneas de I+D y posibles aplicaciones en temas relacionados con recubrimientos de superficies, por ejemplo, en el uso de la Nanotecnología para que las superficies sean anticorrosivas, o para que sus propiedades ópticas varíen y de esta forma reflejen o transmitan la luz según las condiciones externas, o que sean hidrófobas, es decir que repelan el agua y se puedan aplicar en los vidrios de los autos o en espejos de los baños. Sin duda estos desarrollos se pueden aprovechar en varios sectores, como en la industria siderúrgica, en la metalmecánica para el recubrimiento de equipos, y también en la de autopartes en donde las cajas de velocidades de los autos podrían tener tratamientos superficiales específicos en base a Nanotecnología. Además, existe un conjunto de líneas de investigación dedicados al estudio de polímeros híbridos, orgánicos e inorgánicos, que son polímeros reforzados que contienen nanopartículas. Los entrevistados presumen que las aplicaciones de estas líneas podrían ser en toda la industria de envases, en la industria del plástico, e incluso en el sector agroindustrial, entre otros.

---

<sup>136</sup>Dada la característica transversal de la Nanotecnología, no fue posible separar tajantemente las líneas de I+D de los sectores industriales de aplicación, y por tal motivo se prefirió mostrarlos de forma conjunta.

- **Nanobiotecnología:** fue otra de las áreas de I+D más mencionadas en las entrevistas. Esta área alude a la aplicación de las técnicas y procesos de fabricación en la micro y nano escala para construir dispositivos que permitan estudiar con mayor detalle los sistemas biológicos<sup>137</sup>. En cuanto a las posibles aplicaciones de estas líneas de investigación, la lógica en las respuestas fue siempre coincidente en que la industria biotecnológica Argentina claramente las podría demandar para realizar innovaciones en sus productos y procesos.
- **Electrónica:** Fue otra área muy frecuente, que en parte se relaciona con la nanobiotecnología y que hace referencia a la construcción y diseño de dispositivos y sensores en la micro y nanoescala, que podría ser englobada dentro del término electrónica. En estas áreas de I+D convergen las primeras y segundas comunidades de la Figura 5.8, pues se mezclan los conocimientos de física básica, con ciencias de los materiales e ingeniería. Los desarrollos son más dependientes del equipo pues se utilizan las técnicas de *Top-Down* y pueden llevar mayor tiempo en su desarrollo. Pero no dejan de ser aplicaciones que pueden atravesar múltiples sectores, ya que la mejora de dispositivos y sensores puede aplicarse en cualquier industria que necesite uno para resolver un problema específico. Además, hay algunos grupos que llevan adelante líneas de investigación en el área de óptica, estudiando y acrecentando los conocimientos básicos y, en menor medida, aplicados. También hay una reconocida línea de ciencia básica que estudia las propiedades magnéticas en la nanoescala, campo denominado como Nanomagnetismo. Ambas líneas de I+D podrían ser utilizadas en aplicaciones electrónicas.
- **Energía:** los entrevistados remarcaron que dada la trayectoria y la acumulación de *know-how* que tiene Argentina en el área nuclear sería bastante coherente seguir profundizando las líneas de investigación al sumar la Nanotecnología en las líneas de I+D existentes, por ejemplo en la creación de nuevos materiales para reactores, recubrimientos nanotecnológicos para nuevos combustibles, entre otros. También se mencionaron las posibles aplicaciones de la Nanotecnología para incrementar la eficiencia y la calidad de los desarrollos de paneles solares que podrían ser aplicados en varias regiones del país que cuentan con una intensa radiación anual promedio del sol. Sin olvidar las posibles aplicaciones en otro tipo de energías renovables, como en los materiales utilizados en los aerogeneradores eólicos.
- **Agroindustria y agroalimentos:** En estos sectores se podrían realizar aplicaciones en control de calidad mediante el uso de narices o lenguas electrónicas que permitan controlar el estado de los alimentos, como por ejemplo leche,

<sup>137</sup><http://www.nbtc.cornell.edu/> Consultada el 24-05-2011.

jugos de fruta, vinos, etc. También se podría aplicar en detectores para situar en las góndolas de los supermercados, que les permitiría a los consumidores ver personalmente si los alimentos que están comprando están o no en buen estado. Otra posible aplicación es en alimentos funcionales, es decir aquellos alimentos que son elaborados para cumplir una función específica para mejorar la salud o reducir el riesgo de contraer ciertas enfermedades. En este caso en particular, la Nanotecnología se podría aplicar en utilizar nanomateriales que mejorarían la forma de encapsular los nutrientes de los alimentos funcionales<sup>138</sup>. También se podrían realizar nuevos tipos de envases con mejores propiedades para la conservación de alimentos.

- **Nanomedicina:** Como su nombre lo indica, abarca todas las aplicaciones de la Nanotecnología en el campo de la medicina, incluyendo el área de Salud Humana y Animal. Algunos de los entrevistados sostienen que Argentina tiene oportunidades<sup>139</sup> de desarrollos y aplicaciones en el área, y recalcaron que en general los tratamientos basados en Nanotecnología serán más rápidos, eficientes y menos tóxicos que los tradicionales. Entre las aplicaciones en desarrollo se mencionaron: la utilización de nanopartículas magnéticas para mejoras en el tratamiento de tumores de cáncer; avances sustanciales en los métodos y tecnologías utilizados en el tratamiento de desprendimientos de retina; diseño de vacunas dirigidas; realización de diagnósticos en corto tiempo que les permitirían a los médicos tener un amplio conjunto de variables sobre la salud de sus pacientes; vendajes bactericidas, entre otros. Además, las aplicaciones de la nanomedicina podrían ser utilizadas en enfermedades locales como el Chagas, sin olvidar la leishmaniosis o tuberculosis. En estos casos, dado que las enfermedades son regionales, posiblemente los productos tengan que ser elaborados por laboratorios nacionales o en conjunto con empresas de países vecinos, pues según los entrevistados los laboratorios internacionales no suelen estar interesados en este tipo de inversiones. También se mencionaron aplicaciones que utilizarían las nuevas propiedades de la Nanotecnología en materiales ortopédicos o en implantes dentales.
- **Ambiente:** Se relaciona con la aplicación de la Nanotecnología para el cuidado y mejora de las condiciones ambientales. Por ejemplo, los desarrollos nanotecnológicos se pueden utilizar en sensores de control de calidad de agua que midan la presencia o no de bacterias del tipo *Escherichia coli* y así evitar las infecciones que se pueden

---

<sup>138</sup> <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1846.php> Consultada el 24-05-2011.

<sup>139</sup> Cabe señalar que varios de los entrevistados expresaron sus dudas con respecto a las posibilidades de realizar múltiples aplicaciones de la Nanotecnología en el sector de salud humana. Ya que para la introducción de nuevos productos es necesario acatar las regulaciones existentes tanto a nivel nacional si la producción será en argentina, como a nivel internacional si el fin es exportar. Las mismas están compuestas por distintas fases que estudian los efectos y posibles riesgos del producto a desarrollar en la población objetivo, y el proceso total de pruebas suele durar 15 años. El proceso es largo y muy costoso. Por tal motivo, los entrevistados que expresaron sus opiniones al respecto dudan de que las empresas farmacéuticas Argentinas puedan costear por su cuenta las grandes sumas de dinero implicadas en la introducción de este tipo de innovación.

producir por su ingestión<sup>140</sup>, o en la detección y descontaminación de Policloruro de Bifenilo (PCB), que está considerado según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente como uno de los doce contaminantes más nocivos fabricados por el ser humano<sup>141</sup>. Sin olvidar las aplicaciones de remediación en la industria minera<sup>142</sup>.

A continuación se mencionan otras áreas de investigación y aplicación que fueron indicadas por los investigadores (aunque en menor medida en comparación con las que fueron señaladas en la sección precedente):

- **Sector aeroespacial:** Se podría utilizar la Nanotecnología para la construcción de satélites más livianos, o para fabricar antenas planas que no tengan que ser desplazadas físicamente del satélite, o nuevas celdas de almacenamiento de energía mejoradas en base a Nanotecnología.
- **Industria textil:** Se podrían desarrollar textiles inteligentes<sup>143</sup> que incorporarían nanocápsulas en cuyo interior se podrían encontrar sustancias con fragancias aromáticas o insecticidas que pueden repeler, por ejemplo, a los molestos mosquitos.
- **Industria de la construcción:** En este sector la Nanotecnología se podría utilizar para obtener materiales más livianos y a su vez más resistentes o aplicar nanopartículas a distinto tipo de suelos con el fin de mejorar sus propiedades<sup>144</sup>.
- **Cosmética:** Se mencionaron aplicaciones en cremas en donde se podrían utilizar nanopartículas con propiedades específicas, también se mencionó que ya hay laboratorios que se encuentran trabajando en el tema, y a diferencia de la mayoría de los productos farmacéuticos, el área cuenta con la ventaja de que las regulaciones son menores.

En síntesis, la cantidad de aplicaciones mencionadas por los entrevistados sugiere que la Nanotecnología es una tecnología de propósito general, provechosa en varios sectores industriales, y en la Figura 5.9 se sintetizan la cantidad de posibles aplicaciones identificadas:

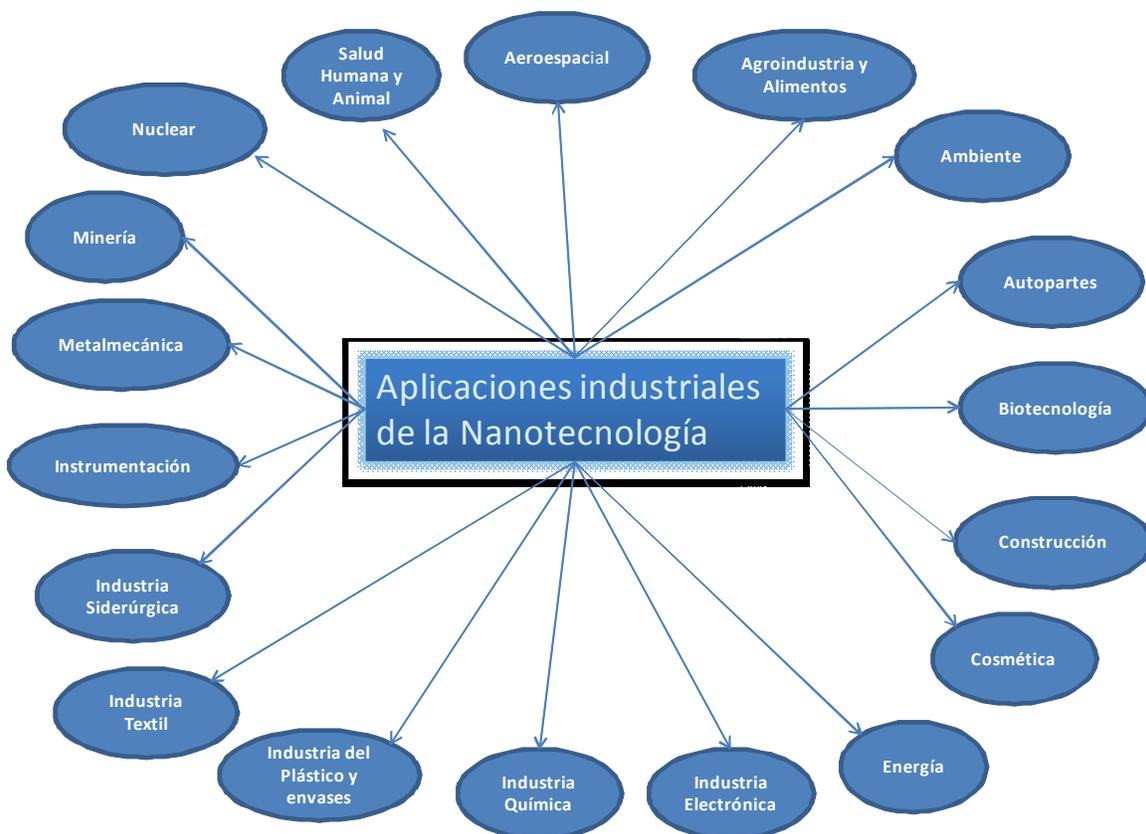
<sup>140</sup><http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ecoliinfections.html> Consultada el 24-05-2011.

<sup>141</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro\\_de\\_Bifenilo](http://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro_de_Bifenilo) Consultada el 24-05-2011.

<sup>142</sup><http://www.scudelati.com.ar/productos/0023-Research1.pdf> Consultada el 24-05-2011.

<sup>143</sup><http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc57/inti2.php> Consultada el 24-05-2011.

<sup>144</sup><http://www.neduet.edu.pk/ICCIDC-I/Conference%20Proceedings/Papers/025.pdf> Consultada el 02-06-2011.



**Figura 5.9:** Posibles aplicaciones industriales de la Nanotecnología en Argentina. Elaboración propia en base a las entrevistas y a información secundaria.

**ii. RRHH:**

Se realizaron tres preguntas centradas en el tema de los recursos humanos existentes y necesarios para las N&N, cuyos principales resultados se sintetizan a continuación:

La primera indagó sobre la suficiencia o no de recursos humanos en Argentina para N&N. La pregunta cubrió tanto a la cantidad de investigadores ya formados como a los becarios de investigación que se encuentran en formación. Por un lado, las opiniones recabadas coincidieron en un punto, que están faltando estudiantes. Se mencionó que en los últimos años, a diferencias de la década del 90<sup>145</sup>, se ha incrementado el presupuesto del sistema científico y tecnológico, la cantidad de becas de doctorado y el ingreso de investigadores y becarios al CONICET<sup>146</sup>. Sin embargo, se señaló que el problema actual radica en la dificultad para cubrir las becas vacantes dado que hay una escasez de alumnos en comparación con la oferta de

<sup>145</sup> [http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota\\_id=172781](http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=172781) Consultada el 02-06-2011.

<sup>146</sup> <http://www.lanacion.com.ar/1335894-el-conicet-termina-el-ano-para-arriba> Consultada el 02-06-2011.

subsidios. Además, los recursos existentes principalmente se encuentran en el área de nanociencias, pues como señaló un entrevistado:

*“...si hoy en día Argentina tuviese una explosión de desarrollo tecnológico, nuestros laboratorios quedan vacíos. Lleva muchos años formas a la gente, y muy poco echarla.”*

Por otro lado, al analizar la cantidad de investigadores ya formados en el país, se encontraron tres tipos de opiniones en los entrevistados. Un grupo mencionó que sí hay muchos investigadores en el área para la cantidad de recursos existentes, pues como se mencionó al analizar la cuestión sobre las expectativas, la Nanotecnología se ha puesto de “moda” y muchos han aprovechado que no es difícil redirigir una línea de investigación preexistente para que entre dentro de lo que se etiqueta como Nanotecnología. Mientras que un segundo grupo mencionó que la cantidad de investigadores formados o expertos en Nanotecnología es totalmente deficiente para un área emergente y posiblemente revolucionaria como la Nanotecnología. Un tercer grupo de entrevistados tomó una postura intermedia, en la cual la pregunta sobre la escasez o no de investigadores depende de qué futuro se esté vislumbrando para el área. Es decir, si se quiere que la Nanotecnología sea un sector estratégico de gran relevancia para varios sectores industriales del país, la cantidad de recursos parecería ser, en su opinión, insuficiente. En cambio, si las aspiraciones no son tan ambiciosas, el nivel actual no estaría muy lejos del ideal necesitado.

Asimismo, en varias entrevistas se subrayó la alarmante falta de ingenieros formados en la temática, como así también de especialistas de ciencias administrativas, económicas y de marketing que tengan el interés de llevar a la práctica este tipo de proyectos. Se señaló que este es un tema importante, ya que la forma de plantear proyectos científicos, a la cuales los investigadores están más acostumbrados, es muy distinta a la forma de plantear proyectos tecnológicos o productivos. Pues en este caso se tienen que considerar cuestiones administrativas, económicas, financieras, industriales, de marketing y de ventas, entre otras, que le agregan otra complejidad a la formulación del proyecto. Por ende, se mencionó que sería importante contar con mayores recursos humanos capacitados en realizar este tipo de iniciativas para aumentar en un futuro las aplicaciones nanotecnológicas en el país.

La segunda pregunta tuvo en cuenta las tendencias al trabajo interdisciplinar a nivel global mencionadas en el Capítulo 3 e indagó sobre la forma de trabajo existente en Argentina. Para ello se les consultó a los entrevistados si se trabaja de forma interdisciplinaria en Argentina y sobre los problemas que encontraron en el diálogo con expertos que poseen distintas disciplinas de formación. En este caso las respuestas de todos los entrevistados que se expusieron sobre el tema fueron

unánimes. **La Nanotecnología requiere tener conocimientos de un variado grupo de disciplinas, de un entrecruzamiento entre ellas que se necesita tanto para el desarrollo de nuevos conocimientos como de aplicaciones.**

Se destacó que si bien el conocimiento en las ciencias en general está tomando una tendencia más interdisciplinaria, la Nanotecnología parecería haber explicitado esta tendencia. En los proyectos se mezclan los saberes de los físicos, con químicos, ingenieros, biólogos, biotecnólogos, médicos, entre otras disciplinas. Sin duda esto requiere la necesidad de aceitar las comunicaciones entre especialistas formados con distintos lenguajes y formas de ver y encarar los problemas científicos y técnicos, sin olvidar buscar una compatibilización entre las distintas formas de evaluar los trabajos entre las diferentes disciplinas. Con respecto a este punto, los entrevistados mencionaron que no es una comunicación sencilla en los primeros estadios, pues se necesita construir un lenguaje común, una metodología de trabajo, una confianza y llegar a un entendimiento mutuo que permitan complementar los aportes y visiones de cada una de las disciplinas. Para alcanzar una buena relación, se remarcó que es imprescindible contar con una postura abierta por las partes, transmitiendo las potencialidades y limitaciones de cada disciplina en el área a estudiar de una manera clara; para ello se mencionó la importancia de realizar talleres de trabajo que reúnan a los diferentes expertos, incentivando el debate y discusión sobre los temas a estudiar.

Por último, las dificultades relacionadas con la forma de trabajo interdisciplinaria en Nanotecnología mencionadas en la pregunta previa, se entrelazaron con la tercer pregunta que indagaba sobre qué formación universitaria sería la más adecuada para mermar este problema. Aquí se barajaron un par de alternativas para la formación de nuevos recursos humanos que estén entrenados en trabajos interdisciplinarios, tanto a nivel de grado como de posgrado. Las dos alternativas mencionadas fueron:

- A nivel de grado se detectaron dos visiones opuestas. Por un lado, algunos entrevistados recalcaron la necesidad de ir más allá de la formación tradicional disciplinar, proponiendo una educación más interdisciplinaria en una misma carrera, pues se destacó que es una forma de trabajo que no está desarrollada en las carreras de grado, motivo por el cual puede ser difícil comenzar a trabajar de manera interdisciplinaria para los graduados. Una forma de resolver este problema sería crear carreras específicas de nanotecnología, similar al caso de la carrera de biotecnólogo para formar especialistas en biotecnología. En el país no hay una carrera de Nanotecnología, y por ende crear una de este estilo sería una opción. Por el otro lado, algunos entrevistados expresaron una postura opuesta a este tipo de carreras más generalistas, pues según su opinión no se alcanza un conocimiento profundo en una disciplina, lo cual puede

redundar en una desventaja en la posterior carrera profesional, y en cambio, sólo abogaron por la paulatina introducción de algunos cursos de corte más interdisciplinar en las carreras tradicionales de grado.

- A nivel de posgrado sí se encontraron posturas convergentes. En este caso los entrevistados remarcaron la necesidad de ampliar la cantidad de posgrados que tengan una orientación interdisciplinaria, que capaciten a los estudiantes en no sólo volverse especialistas en su tema en particular sino que también puedan entender temas vecinos, logrando alcanzar una visión más amplia y general sobre los mismos. En su opinión, la importancia de contar con estos conocimientos de otras áreas radica en que en futuros trabajos van a poder saber qué pedirle al especialista en el tema de interés, sin caer en requerimientos irreales o imposibles de hacer. Se remarcó que en el país la formación de este estilo se da en los doctorados, principalmente a través de cursos acreditados, en donde se invitan a profesores especialistas en el tema. En cuanto a las maestrías, en la actualidad Argentina no cuenta con una de Nanotecnología. Se mencionó que sería difícil implementar alguna del estilo de los Erasmus Mundus<sup>147</sup> Europeos que permiten la movilidad y formación de los estudiantes en distintos países de Europa, (en nuestro caso serían distintas universidades a lo largo del país). Esta dificultad se asocia a cierta rigidez del sistema académico que tendría que ir evolucionando para lograr una formación más interdisciplinar y acorde a las tendencias a nivel mundial, pero que aún es un tema pendiente del sistema educativo nacional.

### iii. **Infraestructura:**

La literatura coincide en que el boom de la Nanotecnología se inició con la invención de los equipos que permiten ver y operar en la nanoescala, jugando los mismos un rol esencial para el avance de las investigaciones y aplicaciones en el área. Por tal motivo, se les consultó tanto a los investigadores como a los empresarios sobre el estado de los equipos disponibles en el país, y ante esta pregunta, hubo respuestas múltiples.

Los investigadores del sector público expresaron opiniones distintas que dependieron del patrón de comparación. Pues al analizar la evolución en términos de inversiones para la compra de equipos a escala nacional, se coincidió en que hubo progresos sustantivos en los últimos años, especialmente a partir del 2007. Sin embargo, si se comparan los equipos e

---

<sup>147</sup>[http://ec.europa.eu/education/external-relation-programmes/doc72\\_en.htm](http://ec.europa.eu/education/external-relation-programmes/doc72_en.htm) Consultada el 02-06-2011.

instrumentos que se tienen en los laboratorios nacionales con centros europeos o estadounidenses, los entrevistados sostuvieron que la Argentina se encuentra muy por detrás en cuanto a capacidades. Estas distancias con los países más desarrollados son entendibles y hasta predecibles, sin embargo, los entrevistados también señalaron que existirían brechas en la calidad de los equipamientos si uno se compara con países como Brasil, México o incluso Chile, que salvando las diferencias en magnitud, no son países tan disímiles al nuestro. También, varias veces se señaló que faltaría conseguir equipos más modernos, y por supuesto, costosos, como por ejemplo un microscopio de la serie Titán que tiene una resolución en la escala de los Angstrom<sup>148</sup>. Pero ante esto, algunos entrevistados destacaron que en Argentina se suelen comprar equipos con supuestos fines productivos, cuando en verdad van a ser utilizados enteramente para I+D. Este comentario coincide con la opinión de que no hay una demanda clara y concreta de proyectos tecnológicos o productivos que justifiquen la compra de los equipos más caros y de última generación por parte del estado.

De todas formas, se destacó que los investigadores argentinos han logrado publicar con lo que tienen disponible, validando una frase que según los miembros de la comunidad los caracterizaría en su forma de trabajo “*Lo atamos con alambre*”. Frase que refleja la creatividad nacional para arreglarse con los recursos disponibles en los proyectos de investigación. No obstante, al preguntar sobre proyectos que se entrelacen con el sector industrial ya la cuestión no es tan sencilla, como señala el siguiente entrevistado:

*“Hay una cuestión de paradigma de trabajo, a escala de investigación los argentinos estamos acostumbrados a trabajar con lo que tenemos, la famosa lo atamos con alambre, y funciona y muy bien. Podés tener mucho éxito usando muestras, como el caso del grafeno que esta hecho con cinta scotch<sup>149</sup>! Si hay mucho para hacer, y el equipamiento a ese nivel no es tan caro. Pero al realizar el siguiente paso, lo que uno probó miles de millones de veces en el laboratorio llevarlo a escala prototipo, no es fácil, hay una cuestión de costos y de tiempos. Si uno quiere hacer una muestra para medir pero después la usa un año seguido, no me importa si estoy dos meses para prepararlo, pero si yo tengo que producir un aparato lo tengo que hacer en dos días, y uno necesita conocimiento de todo el proceso, reproducir mucho mejor los procesos y eso implica mejores equipos y de ese nivel de fabricación hay muy pocas cosas, muuuuy pocas cosas en Argentina. La fábrica más barata para hacer un circuito integrado ronda los 100 millones de dólares, y en Argentina hay inversiones por 10 millones.”*

---

<sup>148</sup> 1 ångström (Å) es igual a la décima parte de un nanómetro, es decir  $1 \text{ Å} = 0,1 \text{ nm}$ .

<sup>149</sup> El entrevistado hace referencia al premio Nóbel de Física del 2010 otorgado a los físicos Andre Geim y Konstantin Novoselov por sus investigaciones con respecto al material bidimensional grafeno, en cuyos experimentos, un instrumento simple como la cinta scotch ha jugado un rol importante. [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2010/sciback\\_phy\\_10.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2010/sciback_phy_10.pdf) Consultada el 02-06-2011.

Pues para este tipo de proyectos, en particular los *Top-Down*, se necesita un grado de precisión mayor con el fin de realizar productos de forma tal que sean reproducibles, y esto requiere de equipamientos específicos y dedicados para estas tareas que no se encontrarían en el país. En cambio, en las áreas que usan tecnologías *Bottom-Up*, en donde la dependencia con el equipamiento suele ser menor, se expresó una situación más optimista de la calidad y cantidad de los equipos disponibles. No obstante, en ambos casos se remarcó que uno de los principales cuellos de botella se encuentra en llevar los desarrollos experimentales a escala productiva, es decir, escalar los resultados obtenidos en el Laboratorio. Lo cual es uno de los desafíos que se presentan en los proyectos productivos en Nanotecnología.

Asimismo, algunos entrevistados afirmaron que la compra de equipos no se tendría que realizar de forma aislada, sino que también se debería considerar en la inversión a realizar la necesidad de contar con la infraestructura adecuada en donde ubicar los instrumentos. Por ejemplo, se comentó que los existentes en el Centro Atómico Constituyentes de la CNEA se encuentran cerca de la Avenida General Paz, lo cual impide que se puedan realizar buenas mediciones durante el día por las vibraciones producidas por el tráfico. Del mismo modo, el equipamiento en la FCEN de la UBA se encuentra cerca de un aeropuerto, que también introduce ruido en las mediciones. Así que el lugar donde situar y aislar los equipos no es un tema menor, y requiere una inversión adicional para adecuar las instalaciones. También, se expuso que la realización exitosa de las mediciones en la nanoescala depende fuertemente de la disponibilidad de buenos métodos de preparación de muestras que se realizan previamente a la medición. Esto requiere una inversión extra en la capacitación de recursos humanos especializados en los distintos métodos existentes. Se destacó que tampoco se puede olvidar que muchas veces las inversiones se realizan inicialmente, sin tener en cuenta los posibles problemas o inconvenientes que pueden llegar a tener los equipos, como el reemplazo de piezas que únicamente se pueden importar, pero que al tardar un largo tiempo en llegar por circuitos administrativos lentos, dejan a los equipos inoperativos durante extensos plazos de tiempo. Igualmente, se mencionó los instrumentos actuales solo permitirían acceder a equipamientos intermedios, y no a aquellos de mayor envergadura.

Con respecto a las opiniones de los entrevistados del sector privado, las opiniones registradas se limitaron a señalar que si no tienen en sus empresas los equipos necesarios para trabajar en la nanoescala, suelen cooperar con los grupos de I+D del sector público para compartir el uso del equipamiento que ellos sí tienen disponible. Esto indica que al menos el grupo de empresas entrevistadas no cuenta con una infraestructura para el área de las N&N.

En síntesis, se coincidió que es necesario mantener un avance sustancial y continuo en la calidad de la infraestructura y de los equipos, ya que los mismos permiten estudiar cada vez con mayor detalle y en menor escala las propiedades de los

materiales. Cabe señalar que varios de los reclamos mencionados por los investigadores son parte de los objetivos del Sistema Nacional de Microscopía<sup>150</sup> (SNM) creado por el MINCyT. Los investigadores consultados sobre su creación y funcionamiento, coinciden en que es una buena iniciativa en el sentido correcto para revertir el abandono que tiene el sistema desde hace años.

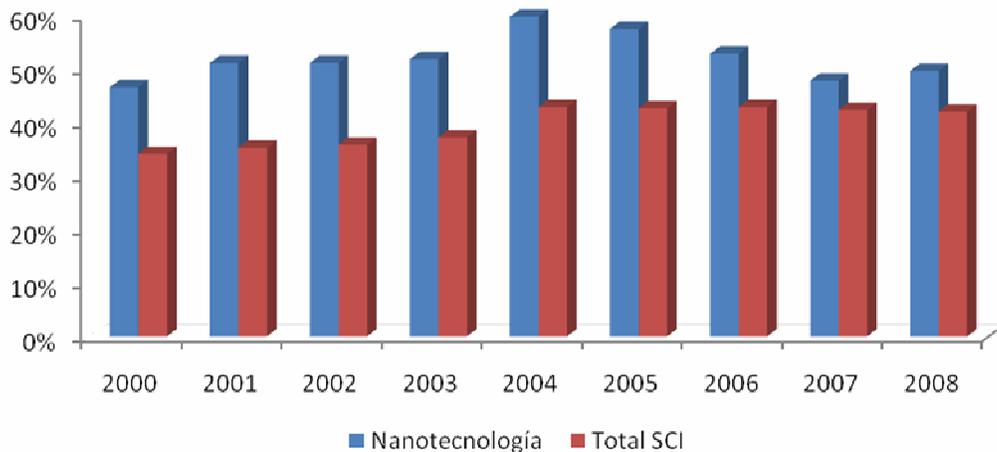
#### **iv. Cooperación**

Un tema importante que se relevó por intermedio de las entrevistas fueron las actividades de cooperación en N&N. En general, los entrevistados coincidieron en la necesidad de colaborar con otros grupos de investigación y en lo posible con empresas. Se argumentó que tal tipo de actividad lleva, en caso de ser exitosa, a que se alcancen los objetivos propuestos de una manera más rápida por la sinergia que se suele generar entre los distintos tipos de participantes. Obviamente, si alguna de las partes no se vio beneficiada como esperaba de la cooperación, esta no se va a volver a repetir. Se preguntó sobre las cooperaciones a nivel académico y empresarial tanto a nivel nacional como internacional. A continuación se reflejan las principales posturas:

A nivel académico, se destacó que es esencial la cooperación; ya en la ciencia en general lo es, pero aún más para Nanotecnología, pues como se recalcó previamente, al ser una ciencia interdisciplinaria requiere de conocimientos de otras disciplinas, otros expertos, otros saberes que no necesariamente se encuentran en un mismo laboratorio o lugar físico. Además, la infraestructura y los equipos juegan un rol clave en muchas especialidades de la Nanotecnología, por lo cual, los grupos y centros que carecen de algunos equipos o instrumentos para sus proyectos necesariamente buscan cooperar con otros que sí tengan acceso a los mismos, ya sea del país o del exterior. Por ejemplo, en la Figura 5.10 se muestra que la cantidad de publicaciones de Argentinos en el *SCI* han sido realizadas, en porcentaje, más en colaboración con otros grupos de I+D, ya sea nacionales o del exterior, para el caso de las N&N en comparación con el total nacional en dicha base de datos. Cabe destacar que la brecha entre ambas series ha sido decreciente en los últimos cuatro años.

---

<sup>150</sup> El SNM apunta a establecer un registro de los equipamientos de microscopía existentes adquiridos con fondos públicos o que sean patrimonio de un organismo público del sistema de ciencia y tecnología. En la web mantienen un listado de las instituciones adheridas al sistema y de los equipos con los que cada una de ellas cuenta. Además, entre sus objetivos se encuentra promover la incorporación de nuevo equipamiento adicional y estratégico para las líneas de I+D del país, junto con la voluntad de contribuir a la formación de recursos humanos capacitados para el uso de los equipos. También, un objetivo interesante es el de la promoción de estrategias conjuntas entre los miembros del sistema para las negociaciones con los proveedores de equipos y servicios de mantenimiento para los mismos.



**Figura 5.10:** Porcentaje de publicaciones de argentinos en el SCI firmadas en colaboración, total nacional y total sobre Nanotecnología. Elaboración propia en base a datos del CAICYT.

Asimismo, en un conjunto de entrevistas se señaló que el sendero de la cooperación internacional tiene sus riesgos tanto a nivel general como específicamente para Nanotecnología. Pues al colaborar con grupos del exterior los investigadores locales siempre corren el peligro de trabajar para las líneas de investigación que son prioritarias para los países de origen de los grupos extranjeros y no necesariamente de Argentina. Como por ejemplo, en el caso de las investigaciones en salud que muchas veces suelen estar más orientadas a epidemias y enfermedades foráneas y no locales. Esto se debe a que para poder publicar en las revistas con referato internacional, las investigaciones tienen que estar orientadas a los temas de moda o prioritarios para los países centrales lo cual empuja a los investigadores a seguir líneas de I+D tal vez alejadas del contexto nacional, y por tal motivo se aduce que son escasas las investigaciones sobre enfermedades de países subtropicales (como Argentina).

De la misma forma, varios investigadores alertaron sobre la competencia que hay por la atracción y retención de recursos humanos altamente calificados, en este caso en N&N y en la ciencia en general (Albornoz *et al*, 2002), por parte de los centros de investigación en otras partes del mundo. Se expresó que en muchos casos representantes de laboratorios de Europa o EEUU vienen a Argentina con el fin de llevar estudiantes a sus centros y que se queden investigando allí. A la par se remarcó la importancia de ir a estudiar a otro país, conocer otras formas de trabajo, utilizar equipos de avanzada y desarrollarse en líneas específicas de investigación, pero teniendo siempre el recaudo de seguir una línea de investigación que pueda ser aplicada por el becario tras su retorno a su país de origen. Sino, al volver a la Argentina se encuentran que su tema de interés no se puede desarrollar fácilmente en el contexto local, ya sea por falta de equipos o insumos o porque no existe

una organización o institución que se encuentre interesada en llevarlo adelante. Así que se destacó la necesidad de mejorar aún más las políticas para el envío de estudiantes al exterior, en cooperación con otros grupos o centros, buscando seleccionar y desarrollar líneas de I+D, en particular de Nanotecnología, que sean de interés en el país.

Con respecto a la cooperación o el trabajo en conjunto entre el sistema científico tecnológico y las empresas, los entrevistados de ambos sectores convergieron en la percepción de que la relación no es sencilla, ya que no es una relación lineal, lleva tiempo construirla y ganar la confianza y el entendimiento mutuo entre las partes. Pero una vez superado este escollo inicial, la misma puede llegar a ser muy fructífera. A nivel nacional, se comentaron casos de cooperación entre grupos de investigación y grandes empresas que tienen centros de I+D y están en la búsqueda de aplicar la Nanotecnología en sus procesos productivos, como es el caso de Techint, Petrobras, YPF, entre otras. En cambio, se mencionó que la cooperación con PYMES suele ser más difícil, pues muchas de estas empresas aún no son conscientes de cómo sus capacidades tecnológicas pueden mejorar al introducir Nanotecnología en sus productos o procesos. Debido a esto se destacó que se necesitaría aumentar la campaña de difusión de las potencialidades de la Nanotecnología en el sector industrial, focalizando en PYMES. También, algunos grupos de investigación mencionaron actividades de cooperación en conjunto con empresas del exterior, que se encontraban interesadas en las líneas de I+D locales para aplicarlas en su producción.

Teniendo en cuenta la importancia del vínculo entre empresas y centros y grupos en I+D en Nanotecnología, se profundizó el análisis de esta relación al estudiarla desde dos ópticas. A continuación, en primer lugar se mencionarán los resultados de las preguntas realizadas a los entrevistados sobre las actividades de Transferencia de Tecnología entre el sector de I+D y el industrial, y en segundo lugar, se describirán los comentarios relevados sobre la posibilidad de que científicos y tecnólogos dentro del sistema de CyT decidan crear nuevos emprendimientos en esta tecnología.

### **1. Transferencia de Tecnología:**

La cuestión de la transferencia de tecnología es un tema de vital importancia para que los conocimientos en Nanotecnología lleguen al sector industrial, incrementando las probabilidades de que tenga lugar la pronosticada nueva revolución industrial. En un informe preparado para el MINCyT (San Martín, 2010), se estudió las interacciones entre algunos laboratorios de N&N con empresas, y se realizó una encuesta que indagó si realizaban las siguientes actividades en conjunto: desarrollos, servicios, capacitación y transferencia de tecnología. En el trabajo se especificó que las transferencias de tecnologías, entendidas como *-las transferencias de conocimientos sistemáticos para la elaboración de un producto, aplicación de un*

*proceso o prestación de un servicio*- era la interacción de mayor valor agregado de las 4 consideradas. Pero tan sólo el 3% del total de 3.072 actividades relevadas en los laboratorios se correspondía con esta categoría y en los resultados se sugería una débil conexión existente entre los laboratorios y las empresas, afirmando que los mejores equipos son necesarios para prestarles servicios a las pymes y grandes empresas. Sin embargo, los datos mostrados en el trabajo no parecerían en ningún momento justificar dicha necesidad y, tampoco el problema se resuelve con la simple adquisición de equipamiento de última generación. En cambio, es necesario actuar, a la par, sobre un conjunto de factores en los cuáles también sería necesario intervenir con políticas públicas, de forma tal de apretar los lazos entre el sector industrial y el científico tecnológico. En las entrevistas se mencionaron varios de ellos que influenciarían la escasa transferencia tecnológica y que se sintetizan a continuación:

- **Escasa demanda tecnológica del sector industrial:**

Los investigadores remarcaron la baja demanda de soluciones del sector empresarial al sistema científico y tecnológico, varios destacaron que ellos están más que dispuestos a colaborar en intentar resolver problemas de las empresas utilizando sus conocimientos, pero no tienen la demanda de parte del sector privado. En algunos de los casos que lograron conectarse y trabajar en conjunto, remarcaron que fue algo bastante azaroso. También, el contacto depende del tipo de empresa, tal como señaló el siguiente entrevistado:

*“Hay empresas grandes que son más refractarias y tienen en general especialistas muy buenos, Techint, Petrobas, YPF, que te vienen a plantear sus problemas. Ahora, las empresas más chicas, todavía no ven mucho para qué es la nanotecnología. Ahí hay que hacer una gran tarea de difusión. Eso la FAN con cuenta gotas lo está haciendo, porque tampoco cuenta con una matriz actualizada de potencial tecnológico. Hay muchas industrias chicas que copian, pero uno en el día a día ve que necesitan de asesoramiento técnico.”*

Además, se remarcó que el sistema científico y tecnológico tiene la capacidad de resolver muchos problemas, algunos muy sofisticados, y otros no tanto, pero el *quid* de la cuestión radica en que no se conoce cuáles son los problemas. Y ahí el problema se encuentra en las interfases del sistema científico tecnológico con el sector empresario, tema que se subraya claramente en la siguiente cita:

*“No sabes cuál es la demanda. Tenés la capacidad de dar soluciones pero no sabés cual es el problema. Ese es el diagnóstico al que llegué. Más de una vez resulta que el problema puede tener una solución hipersofisticada o muy trivial*

*para las cosas que vos sabés, tan trivial que ni pensás en el. Pero es un problema que tiene demanda pero como no lo conocés, porque no es tu área se escapa, capaz que es algo que ni siquiera tendría tanto peso como para ser publicado, probablemente, o no tiene peso para ser patentado, pero puede ser la solución de algo que se necesita para salir al mercado. Pero vos no lo conocés, porque no conocés a la persona que tiene ese problema ni lo tenés porqué conocer pues no es tu área ni tu expertise. Y si te dedicas a buscarlo pues estás haciendo el trabajo de esa persona que es la que vincula.”*

- **Falta de Tecnólogos y Articuladores:**

Relacionado con el problema de la interfase entre ciencia y tecnología con la industria, se mencionó varias veces en las entrevistas la carencia de dos tipos de profesionales. Por un lado, los tecnólogos, que son personas principalmente abocadas al desarrollo y producción de nuevas tecnologías. Varios mencionaron la fuerte escasez que hay en el país de ingenieros, que suelen cubrir estos puestos, aunque no necesariamente, pues también hay licenciados en ciencias más básicas que han orientado su carrera profesional al desarrollo tecnológico. Por el otro lado, la otra figura que se encontraría aún vacante en el país es la de Articulador o Vinculador Tecnológico<sup>151</sup>. Un entrevistado sintetizó la función de este tipo de perfil profesional de la siguiente forma:

*“El investigador investiga y el comercializador hace plata. ¿Cómo vinculas una cosa con otra? Necesitás un lenguaje en común, necesitás vinculantes, personas que tengan una capacidad de hablar los dos idiomas y capaz no sean expertos en ninguno de los dos pero que puedan hacer de casamentero, es decir que seduce a uno y a otro de forma que se encuentren, y que capaz que ni se encuentran físicamente pero sí que su producto pase de uno al otro.”*

- **Debilidades en el uso del Sistema de Propiedad Industrial:**

En la literatura, dentro de los distintos instrumentos que ofrece el sistema de propiedad industrial, las patentes suelen ser consideradas como una de las principales herramientas para la protección y posterior transferencia de nuevas innovaciones tecnológicas (OECD, 2009). En Argentina la cantidad de patentes solicitadas y otorgadas a residentes suele ser muy baja. Por ejemplo, en el 2008 sólo el 14% de las 5.582 solicitudes fueron de personas o entidades residentes en Argentina., correspondiendo el 76% restante a no residentes (MINCyT, 2010). Como se mencionó en el Capítulo 3, esta situación es

---

<sup>151</sup> Con el fin de suplir esta carencia, la AGENCIA ha realizado una convocatoria para financiar la conformación de programas de postgrado de formación de Gerentes Tecnológicos y Vinculadores Tecnológicos en varias universidades del país.

común a varios de los países de América Latina. Por tal motivo, se les consultó a los entrevistados sobre su opinión y experiencias con respecto a la obtención de patentes en general, y en este caso particular, sobre Nanotecnología.

En primer lugar, del lado de los investigadores se encontró un interés en aumentar la cantidad de patentes sobre los conocimientos desarrollados. Esto puede deberse, por un lado, a la existencia de fuentes de financiamiento que permiten cubrir los costos que se requieren para obtener una, como el ANR Patentes<sup>152</sup> de la ANPCyT. Por el otro lado, por la revalorización de la propiedad intelectual como una forma de protección del conocimiento desarrollado en los grupos de I+D, y esto está particularmente asociado a la promoción de una forma de medir los resultados de los desarrollos tecnológicos.

Un tema recurrente e importante en las conversaciones con los investigadores sobre las patentes, fue cómo se pensaban transferir. En la mayoría de los casos, los investigadores sólo llegan a realizar la protección del conocimiento, obteniendo mayoritariamente una protección a nivel nacional, y en escasos casos una protección a nivel internacional. Sin embargo, el eslabón siguiente, y posiblemente uno de los más importantes, muy raramente engarza, pues casi no se mencionaron casos en los que una empresa haya adquirido la patente para producir un producto o aplicar un nuevo proceso. Esto dilucida una fuerte desconexión con el sector industrial. Si se consiguen las patentes y no se llevan a la práctica, muchos opinaron que las mismas no llegaron a cumplir su fin.

Asimismo, se mencionó que falta una política de protección de la propiedad intelectual en las universidades, con oficinas de propiedad intelectual y transferencia de tecnología que tengan actitudes más proactivas, buscando la protección y transferencia de los conocimientos desarrollados en las organizaciones. Por ejemplo, se citó que en otros países ya suelen existir este tipo de oficinas de transferencia de tecnología, que se encargan de que antes de que se publique una nueva investigación confirmar si hay algo en la misma que tenga el potencial de ser patentable.

En cuanto a los entrevistados del sector empresario, sus opiniones sobre las patentes convergieron en que en Argentina, en general, no es conveniente patentar. El principal motivo es que defender una patente, es decir, iniciar acciones legales en contra de una empresa que esté produciendo lo que se ha protegido, es una acción muy costosa tanto en dinero como en tiempo, y que sólo puede ser realizada por grandes empresas que puedan financiar los costos, y que está fuera del alcance de gran parte de las PYMES nacionales.

---

<sup>152</sup><http://www.agencia.gov.ar/spip.php?article444> Consultada el 02-06-2011.

- **Escasa demanda de la Nanotecnología por parte de los potenciales usuarios:**

Además del generalmente débil vínculo entre las empresas y los centros de I+D, los empresarios que han sorteado dicha dificultad han señalado que además falta otro vínculo clave, la demanda de la Nanotecnología por parte de los potenciales usuarios. Por supuesto, como se trata de una nueva tecnología gran parte de la sociedad desconoce sus ventajas con respecto a los métodos y tecnologías actuales. Por tal motivo, los empresarios consultados argumentaron que se necesitan campañas fuertes de venta con tal de difundir las ventajas al adquirir un producto o proceso en base o enriquecido gracias al uso de la Nanotecnología con respecto a otras formas tradicionales de producción. Esto requiere grandes esfuerzos de marketing y de promoción, que pueden llegar a exceder las capacidades y recursos de las PYMES pioneras en el tema. En esta línea, uno de los entrevistados señaló lo siguiente:

*“Difundí el término de Nanoevangelización. En todos los foros en donde voy le explico a la gente de una manera llana para que puedan acceder en una forma fácil, que es y cómo se puede aplicar la Nanotecnología. Y la verdad que está en todo, porque la química está en todos lados. La misma sustancia que tiene cierto comportamiento a nivel macro, ahora tiene nuevas propiedades a nivel micro. Si yo no lo difundo nunca voy a crear mi mercado, si fuera Coca Cola solo tengo que hacer la propaganda y vender, en cambio aquí hay que hacer una campaña constante de Nanoevangelización.”*

## **2. Emprendedorismo desde el Sistema CyT:**

Dado que la Nanotecnología está fuertemente basada en ciencia y en conocimientos tácitos, se puede suponer que los científicos y tecnólogos trabajando en el campo son los que tienen más posibilidades de iniciar una empresa que comercialice un desarrollo tecnológico, es decir, que ellos mismos sean capaces de crear un *spin-off*<sup>153</sup>. Partiendo de esta hipótesis, se les consultó a los investigadores si estarían dispuestos a dejar el sistema científico y tecnológico para dedicarse a establecer una empresa de Nanotecnología en Argentina. Las respuestas fueron coincidentes, aunque con distintos matices. En todos los casos, se afirmó que no dejarían el sistema, aunque por distintos motivos entre los que se encuentran los siguientes dos:

- Algunos opinaron que están conformes en el sistema en el cual están inmersos y su forma de trabajo. No tendrían motivaciones para arriesgarse en terreno desconocido, en muchos casos asociaron esto con una falta de cultura o mentalidad empresarial por parte de los científicos argentinos en general. Se mencionó que esto no es así en todos

---

<sup>153</sup> En este contexto, el término Spin-Off alude a una empresa que surge o se desprende de un proyecto o una línea de investigación que se lleva a cabo en una universidad o en un organismo nacional de ciencia y tecnología.

los países, por ejemplo en USA o en Israel es mucho más frecuente encontrar doctores que forman sus empresas de alta tecnología.

- Otros entrevistados tuvieron una opinión más tajante, afirmando que no tiene sentido que los científicos se dediquen a la creación de nuevas empresas. En su opinión su fin es solamente crear nuevos conocimientos y por ende, la función de creación debería caer en otros profesionales.

De igual forma, se les consultó a los investigadores si al menos conocían un caso de éxito de algún colega que sí haya realizado esta experiencia. En general, fue una pregunta muy difícil de responder. El único caso que llegó a repetirse de una empresa en funcionamiento es el de Nanotek S.A. que se inició en base al *know-how* de un investigador de la provincia de Santa Fé. También se mencionó el caso de unos investigadores jóvenes, cursando estudios de posgrado, que se presentaron al concurso del Instituto Balseiro IB50K<sup>154</sup> sobre planes de negocios de base tecnológica, en donde su iniciativa relacionada con nanomateriales obtuvo el primer premio. Esto los impulsó a dejar el sistema y dedicarse a la iniciativa empresarial. No obstante, los casos mencionados fueron exiguos.

A su vez, se mencionaron dudas con respecto a las existentes que se ilustran con el siguiente comentario de un entrevistado:

*“Yo veo empresas pero hasta que alguien no facture un millón de dólares con Nanotecnología nadie va a estar convencido. Se va a necesitar un caso muy exitoso como el de Biosidus en Biotecnología.”*

v. **Instituciones y financiamiento:**

En esta sección se describen las principales instituciones del sector gubernamental que han aportado financiamiento o que han influido en las políticas dentro del SNA. Entre ellas, en primer lugar se describirá el papel de la **Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)** dependiente del **Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT)**. Luego, se describirá la **Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN)**, seguido del **Centro Argentino Brasileiro de Nanociencias y Nanotecnologías (CABNN)**, ambos actualmente dependientes del MINCyT.

---

<sup>154</sup><http://www.ib.edu.ar/index.php/el-balseiro/148.html> Consultada el 02-06-2011.

a. **MINCyT - ANPCyT:**

Como se mencionó previamente, en el 2007 se creó el MINCyT, hecho que incrementó la importancia asignada a la Ciencia, Tecnología e Innovación a nivel estatal. Del MINCyT depende la ANPCyT<sup>155</sup> que ha sido uno de los organismos que ha provisto el mayor financiamiento específicamente a proyectos de N&N, tanto de investigación como de desarrollo tecnológico. Esto no quita que las universidades, empresas y otras instituciones realicen aportes propios para la inversión de proyectos en Nanotecnología, pero los únicos que han sido cuantificados en el trabajo son aquellos de la ANPCyT pues la información se encuentra disponible a disposición del público por Internet. Por tal motivo, se ha contabilizado el financiamiento para proyectos de Nanotecnología de dos de sus cuatro fondos que están relacionados con actividades de N&N: el **Fondo Nacional para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT)** y el recientemente creado **Fondo Sectorial Argentino (FONARSEC)**.

En cuanto al financiamiento del FONCyT, entre el 2000 y 2008 se financiaron 163 proyectos de N &N por un monto total de \$ 56.112.492. El principal instrumento fueron los **Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (PICT)**, que en el período analizado alcanzan el número de 132 proyectos con un monto total subsidiado un poco mayor a los 22 millones de pesos. Sin duda este instrumento es el que ha permitido la realización de proyectos de investigación fundamentalmente en Nanociencias y en algo de Nanotecnología. El segundo instrumento que más dinero ha subsidiado ha sido el **Programa de Áreas Estratégicas (PAE)**, que financió asociaciones ad-hoc en pos de resolver un problema específico. En este caso, como se mencionó previamente, se crearon dos redes de Nanotecnología. En tercer y cuarto lugar se encontraron dos instrumentos que han realizado una contribución importante para el desarrollo del SNA, el Programa de Formación de Recursos Humanos (PRH) con 6 proyectos y un poco más de 7 millones de pesos, y luego el Programa de Modernización de Equipamiento, con 7 proyectos y 6 millones y medio de pesos subsidiados. Luego, según el monto subsidiado siguió el **Programa de Áreas de Vacancia (PAV)** que superó el millón de pesos y que financió las primeras 4 redes científicas de Nanociencias. Por último, se incluyeron subsidios de los instrumentos: PICT orientados, Proyectos de Investigación y Desarrollo, Proyectos de

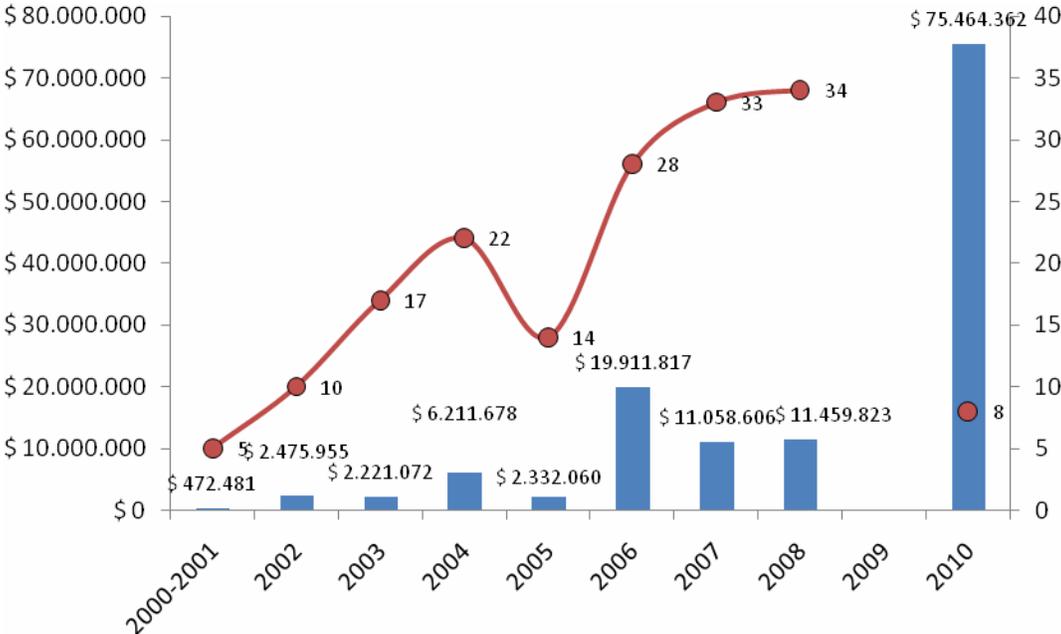
---

<sup>155</sup> Según su página web, “es un organismo dependiente del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, dedicado a la promoción de actividades relacionadas a la ciencia, la tecnología y la innovación para la generación de conocimiento y la mejora de los sistemas de producción y servicios, por medio del financiamiento de proyectos.” [http://www.mincyt.gov.ar/ministerio/estructura/org\\_dependientes/anpcyt/index.php](http://www.mincyt.gov.ar/ministerio/estructura/org_dependientes/anpcyt/index.php) Consultada el 19-06-2011.

Adecuación y/o Mejora de Infraestructura y Reuniones Científicas, que en conjunto suman aproximadamente 1 millón trescientos noventa mil pesos.

Con respecto al FONARSEC, se contabilizó la información de la convocatoria al Fondo Sectorial de Nanotecnología. En este caso, se aprobaron 8 proyectos con un monto de casi 75 millones y medio de pesos a financiar por la ANPCyT. Sin duda, este instrumento ha sido el más importante en la historia del SNA dada la magnitud de los recursos que ha introducido en el sistema, que son iguales al 57% del monto total de los fondos contabilizados.

Los resultados se observan en la Figura 5.11, que contiene la cantidad de proyectos aprobados por año y el monto total a subsidiar en pesos. La magnitud de los proyectos del FONARSEC queda evidenciada en el gráfico en la barra correspondiente al año 2010. En cuanto a la cantidad de proyectos, si bien no cuenta con los datos del 2009 y 2010 del FONCyT, se observa una tendencia creciente en la cantidad de proyectos aprobados, salvo en el año 2005, en el cual la cantidad de proyectos cae con respecto al año previo. En cuanto a los montos asignados por el FONCyT, los mayores se alcanzaron en el 2006 debido a la convocatoria PAV.



**Figura 5.11:** Monto en pesos y cantidad de proyectos financiados por año del FONCyT (2000-2008) y del FONARSEC (2010). Elaboración propia en base a las resoluciones de aprobación de proyectos publicadas en la página de la ANPCyT.

En cuanto a las expresiones sobre los instrumentos de financiación disponibles en el país, se realizaron algunos comentarios al respecto por los entrevistados. En su mayoría, se destacó que la cantidad de instrumentos disponibles ha crecido

significativamente en los últimos años, y que hay una gran variedad de posibilidades de obtención de financiamiento por parte de los actores del sistema científico y tecnológico. Esto se evidencia al comprobar la cantidad de ventanillas de financiamiento existentes, y la cual coincide con la curva de la Figura 5.11 que confirma que la tendencia de monto y proyectos ha sido creciente, al menos en el campo de las N&N.

De todas formas, los entrevistados expresaron un reclamo recurrente. Se remarcó que en muchos instrumentos los caminos a seguir para conseguir la ejecución de los fondos suelen ser excesivamente lentos, aduciendo que esta poca velocidad se debe a la gran cantidad de mecanismos de control existentes para la realización de los pagos. Si bien los entrevistados están a favor de los mismos para controlar el uso apropiado del dinero, proponen que se realice una revisión de los procedimientos con tal de agilizarlos y así reducir el tiempo invertido en la realización de trámites burocráticos que pueden atentar contra proyectos de innovación tecnológica, tiempo que además afirman que se podría invertir en más horas de actividades de I+D.

En cuanto a los representantes de sector empresario, se destacó que sería de su interés contar con mayor cantidad de subsidios para la realización de investigaciones y puesta en práctica de innovaciones tecnológicas en las primeras fases. Argumentan que en los países desarrollados el estado suele ser quien apoya a los empresarios en la creación de nuevos emprendimientos tecnológicos y por tal motivo se tendría que seguir fomentando esta tendencia en el país. A su vez, se remarcó que hay una desconexión entre las ofertas de subsidios y créditos entre los distintos ministerios del país. Por ejemplo, se señaló que en el 2010 el Ministerio de Industria abrió la convocatoria para el Programa de Financiamiento Productivo del Bicentenario, que otorga financiamiento para proyectos de inversión<sup>156</sup>, pero los mismos no están conectados con los fondos para la innovación tecnológica del MINCyT, por lo cual no es posible presentar un mismo proyecto en ambos lugares. Es decir, hay una gran cantidad de ventanillas a nivel estatal para solicitar créditos y fondos, pero no hay una interconexión de las mismas en el momento de solicitar proyectos. Se comunicó que si este vínculo estuviese más desarrollado, le sería más fácil al sector empresarial gestionar y llevar a la práctica los desarrollos tecnológicos alcanzados en la etapa de I+D, en especial el escalamiento a nivel productivo de los desarrollos a nivel experimental. Por último, se remarcó la necesidad de incrementar la financiación de cadenas de valor, es decir, no financiar solamente al proyecto tecnológico de una empresa, sino que también se debería considerar la financiación a sus proveedores, a los clientes, instituciones asociadas, y otros actores que participan

---

<sup>156</sup>[http://www.industria.gob.ar/financiamiento\\_bicentenario.htm](http://www.industria.gob.ar/financiamiento_bicentenario.htm) Consultada el 19-06-2011.

en toda la cadena de valor. Un ejemplo de instrumento que sigue esta filosofía son los Proyectos Integrados de Aglomerados Productivos del MINCyT<sup>157</sup>, el cual se podría adaptar a fin de incluir proyectos en base a Nanotecnología.

### **FONARSEC:**

Dada la magnitud de los montos financiados por el FONARSEC, con el fin de conocer con más detalle las experiencias que han tenido en este nuevo tipo de convocatoria, se les realizó a los entrevistados que participaron en la misma preguntas específicas sobre el fondo que se sintetizan a continuación.

Se destacó que es un instrumento innovador con respecto a las formas de financiamiento que se venían realizando previamente. En particular, debido a que el instrumento permite crear una mejor sinergia entre empresas y las instituciones del sistema científico y tecnológico. Esto se debe a que la presentación de los proyectos requería la conformación de un consorcio de institutos o grupos de I+D junto con empresas, conformando lo que se denomina como alianzas público-privadas. Además, en la convocatoria se les demandó a los consorcios que no sólo se realice una investigación, sino que se demuestre que se va a llegar a un prototipo que luego será utilizado por las empresas del consorcio en sus procesos productivos. Esto llevó a que la forma de pensar los proyectos difiera en comparación con los tradicionales de I+D, tal como señaló el siguiente entrevistado:

*“En el FONARSEC, donde la condición era por lo menos dos empresas, había que hacer el ejercicio al revés. En vez de decir yo sé hacer esto, a ver quien lo necesita, fuimos por la demanda, había que demostrar que lo que hiciéramos alguien lo iba a vender. El ejercicio fue ustedes tienen esta facturación y tienen una cadena de valor y tienen productos que tienen estos problemas, entonces, con estos problemas ¿Qué física y que química que yo sé, se pueden aplicar para resolverlos? La lógica ahora es por la demanda. Y por otro lado es, la empresa tiene tales productos y yo los puedo mejorar, y eso es convincente para ganar el subsidio, si yo te creo un producto con la nanotecnología de cero, te lo puedo hacer, pero es más difícil, pues te tengo que convencer de que voy a poder venderlo. Es mucho más fácil convencerte de que uno ya existente lo puedo mejorar, y después, con el conocimiento adquirido, a lo mejor te puedo hacer un producto nuevo. Ahí está la diferencia en cuanto a la demanda o a la oferta.”*

---

<sup>157</sup><http://www.agencia.gov.ar/spip.php?article450> Consultada el 19-06-2011.

Es decir, según que problemas tienen las empresas del consorcio en sus productos o procesos productivos, en muchas de las presentaciones se propuso una forma de resolverlos o mejorarlos a partir de los conocimientos de los grupos de I+D sobre Nanotecnología, que no son otra cosa que innovaciones incrementales. Esta forma de trabajo tiene la ventaja de que el producto o proceso a perfeccionar, ya tienen un mercado. Por supuesto, también se incluyeron desarrollos que son innovadores y que no cuentan con un mercado previamente existente.

Otro punto a favor de la convocatoria mencionado por los entrevistados fue la magnitud de los montos que financiaba el FONARSEC por proyecto. El monto osciló entre 4 millones y medio y 30 millones de pesos, alcanzando el monto máximo por proyecto los 38 millones de pesos<sup>158</sup>. Esta suma supera ampliamente los montos de todas las financiaciones previas. Esto es evidente al comparar que la FAN, para múltiples proyectos, tuvo un presupuesto de 10 millones de dólares. Naturalmente, la magnitud de los recursos es un buen incentivo para guiar a más actores, tanto del sector público como del privado, a involucrarse en la temática.

En tercer lugar, se vio como un paso importante la definición de prioridades en la convocatoria a proyectos ya que en las bases del FS NANO se aceptaban solamente propuestas relacionadas con elementos de la cadena de valor explicada en el Capítulo 3. En particular, en el eslabón de los nanomateriales se priorizó el desarrollo de nanocompuestos de matriz metálica, aleaciones nanoestructuradas y nanoarcillas. En el siguiente eslabón de nanointermediarios, el foco se situó en nanoencapsulados. Y por último, los productos nanoenriquecidos fueron los micro o nano sensores (MEMS). Si bien no cubrían todas las posibles líneas de desarrollo existentes en Nanotecnología, y además se expresaron en algunos casos dudas sobre la arbitrariedad en su elección, en general fue visto como una acción positiva la selección de áreas de interés y con posibilidad de aplicación productiva, hecho que contrasta con la ausencia de prioridades claras a nivel nacional.

Del mismo modo, se reflejaron algunas observaciones más críticas al instrumento que se podrían tener en cuenta en una próxima convocatoria para mejorar su operatividad. Entre ellas se encuentran las siguientes:

En primer lugar, se remarcó que los tiempos de presentación para la convocatoria no fueron, en un principio, realistas. Pues se requirió muy poco tiempo para la presentación del proyecto y de la documentación necesaria para cumplimentar con todos los requisitos. Esto evidentemente derivó en prórrogas y en cambios de las reglas del juego sobre la marcha. Se expresaron

---

<sup>158</sup>[http://www.agencia.gov.ar/IMG/pdf/Bases\\_FSNano\\_2010.pdf](http://www.agencia.gov.ar/IMG/pdf/Bases_FSNano_2010.pdf) Consultada el 19-06-2011.

opiniones adversas a la gestión del instrumento, aunque se entendió que esto se puede deberse al carácter experimental del mismo.

En segundo lugar, se destacó que no es del todo conveniente evaluar proyectos productivos estratégicos por pares internacionales, pues está dentro de las posibilidades que la información contenida en los mismos pueda ser utilizada por otros grupos o asociaciones en el exterior.

En tercer lugar, se afirmó que existe un vacío preocupante en la convocatoria relacionado con la realidad de las empresas. Se aseveró que la misma no contempla de qué forma las empresas van a poder llevar a la producción, es decir, escalar el prototipo a desarrollar. Pues la convocatoria requiere de fuertes inversiones de las empresas para realizar la investigación, pero si la misma, después de todos los escollos que tiene que superar todo desarrollo tecnológico, llega a destino, la empresa tiene que ser capaz de realizar una nueva e importante inversión en sus procesos productivos para llevar a la práctica el desarrollo. No obstante, la convocatoria no contempla como la empresa puede llegar a financiar con crédito u otras herramientas la puesta en práctica del desarrollo que ha realizado a partir del FONARSEC. Al no contar con un aval o seguridad oficial de la posibilidad de conseguir ese dinero, algunos entrevistados mencionaron que fue muy difícil conseguir a empresas interesadas en participar en un consorcio privado para este instrumento. Por ende, se destacó que se debería contemplar en una próxima convocatoria como asegurar las posibilidades de que las empresas puedan escalar los prototipos a partir del acceso a crédito.

Por último, se destacó que la cuestión de la propiedad industrial en general fue otro punto de conflicto con las empresas participantes, pues las mismas tras finalizar el proyecto deberán pagar regalías por un producto o proceso en cuyo financiamiento ellas mismas han contribuido con recursos. Esta es otra especificidad que se podría reconsiderar en futuras convocatorias, pues se señaló que en algunos sectores industriales esto fue un motivo para no participar en el proyecto, mientras que en otros no hubo problema alguno.

**b. Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN):**

La FAN se creó en el año 2005 dentro del ámbito del Ministerio de Economía y Producción, con el objetivo general de (AGN, 2009):

*“...sentar las bases y promover el desarrollo de infraestructura humana y técnica en la REPUBLICA ARGENTINA para que, a través de actividades propias y asociadas, se alcancen las condiciones para competir internacionalmente en la aplicación*

*y desarrollo de micro y Nanotecnologías que aumenten el valor agregado de productos destinados al consumo interno y la exportación.”*

Inicialmente se le asignaron 10 millones de dólares para un proyecto cuyos resultados iban a ser explotados por la empresa norteamericana Lucent<sup>159</sup>. Esto, sumado a ciertas cuestiones administrativas referidas a su creación, generó una fuerte reacción contraria en la comunidad científica y tecnológica nacional (Andrini & Figueroa, 2008). Los cambios no se hicieron esperar, y ya en el 2006, a diferencia de la concepción original, la FAN lanzó una convocatoria para el financiamiento de ideas proyecto, y realizó otras actividades en los años siguientes.

Se le consultó a los entrevistados del sector público y privado su opinión con respecto al funcionamiento de la FAN en estos 6 años de vida. Todos coincidieron que, ateniéndose a los objetivos para los cuáles fue creada, no fueron de lo mejor. Esta conclusión coincide con la expresada en el informe sobre la FAN de la Auditoría General de la Nación (AGN, 2009), y explícitamente los entrevistados mencionaron esos mismos motivos, entre ellos que el objetivo principal que tenía la FAN, que era financiar proyectos productivos en base a Nanotecnología, no fue alcanzado, y al momento de realizar las entrevistas (fines de 2010), no se había logrado aprobar al menos un proyecto de los que se presentaron a la convocatoria del 2006, aunque si se empezó a financiar un proyecto con INIS-Biotech de la Fundación Instituto Leloir en 2011. Se expusieron diversos posibles motivos, entre ellos que el control excesivo necesario para el otorgamiento de la financiación por parte de la FAN imposibilitó que las empresas pudieran seguir con la maraña de trámites administrativos. Aunque también se señaló que varios de los proyectos que llegaron carecían de una conexión real con el sector industrial, tan sólo expresando deseos o intenciones de aplicación.

Por esta disparidad entre objetivos y resultados, la evaluación de la FAN por parte de los entrevistados no fue del todo buena. No obstante, los entrevistados sí se han expresado muy favorablemente en torno a las actividades de difusión que desarrolló la FAN, por ejemplo los dos congresos Nanomercosur que se organizaron en 2007 y 2009 que atrajeron participantes del sector público, privado y ayudaron a difundir la temática en la sociedad. Sumado a ellos, se destacó la realización de seminarios entre empresarios e investigadores, buscando propagar las posibilidades de la Nanotecnología en la industria, señalando que sin duda son pasos en la dirección correcta para promover la difusión de los problemas que podría resolver la Nanotecnología, pero a la vez señalando que aún hay mucho trabajo por realizar.

---

<sup>159</sup><http://www.alcatel-lucent.com/> Consultada el 19-06-2011.

También, en la entrevistas se destacó y vio con buenos ojos el cambio que se empezó a gestar en la estrategia de la FAN durante los últimos dos años. No sólo se empezaron a realizar más eventos con representantes de la industria, y a difundir información por su portal, sino que también se está virando a buscar proyectos que puedan ser de interés para resolver problemas particulares de la producción. Es decir, financiar soluciones a problemas específicos, como por ejemplo la reciente convocatoria para realizar un Estudio de Factibilidad técnico - económico para el diseño de un Sistema en Chip (SoC) que permita decodificar la señal digital correspondiente a la norma en vigencia en Argentina, ISBD-T<sup>160</sup>.

De todas formas, y dada la característica incipiente del área, los entrevistados resaltaron que quedan muchos problemas por encarar. Entre ellos, incluir información más detallada de las capacidades de Nanotecnología en el sector público y privado que podrían mostrarse en el portal de la FAN. Otra acción a realizar podría ser la financiación de comitivas empresariales a otros países, con el fin de inspirar al empresariado local en la aplicación de nuevas técnicas y productos a la realidad nacional basándose en los desarrollos que se están en el exterior, entre otras.

**c. Centro Argentino Brasileiro de Nanociencia y Nanotecnología (CABNN):**

El CABNN es un centro virtual creado en el año 2005 y que sigue el modelo del Centro Argentino Brasileiro de Biotecnología<sup>161</sup>. Según su protocolo de creación, el CABNN tiene los siguientes cuatro objetivos:

- Promover el intercambio, la transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos, la formación y capacitación de recursos humanos en ambos países.
- Elaborar y ejecutar, por medio de núcleos de investigadores, proyectos de I&D dirigidos a la creación de conocimientos, productos y procesos y apoyo a laboratorios de interés económico y/o social para ambos países.
- Elaborar estudios y propuestas de mecanismos operacionales para la integración de los sectores públicos y privados, estimulando la creación de empresas binacionales para la producción de productos y procesos nanotecnológicos.
- Estudiar los aspectos relativos a patentes y propiedad intelectual e industrial en la comercialización de productos y procesos tecnológicos.

---

<sup>160</sup><http://www.fan.org.ar/> Consultada el 19-06-2011.

<sup>161</sup>[http://www.mincyt.gov.ar/acciones/acciones\\_detalle.php?Id\\_accion=38](http://www.mincyt.gov.ar/acciones/acciones_detalle.php?Id_accion=38) Consultada el 19-06-2011.

Según los investigadores consultados, el centro cumple exitosamente con su primer objetivo que es formar recursos humanos en las temáticas que se definen en las escuelas realizadas anualmente. Esto permite realizar talleres, la mitad en Argentina y la otra en Brasil, sobre distintos temas a la que asisten estudiantes de los dos países, en algunos casos también invitando a estudiantes de países limítrofes, como Chile o Uruguay. En los mismos, profesores de la región y también de otros países difunden los conocimientos de punta en las distintas temáticas abordadas en los talleres. Por lo tanto, el CABNN no sólo sirve para difundir conocimientos sino que también para crear una red de contactos y especialistas trabajando en temáticas similares.

Sin embargo, si uno se atañe a los últimos dos objetivos, que están relacionados con las aplicaciones de la Nanotecnología en los entramados productivos de ambos países, estos parecerían estar escasamente desarrollados por el CABNN. Desde la página web la única actividad relacionada con el sector industrial parecería ser el seminario de “Nanotecnología y Empresas”<sup>162</sup> realizado en el 2005 en la bolsa de comercio de Buenos Aires.

## **vi. Políticas**

Tomando como base las políticas identificadas en el Capítulo 4, a continuación se compendian los puntos de vista de los entrevistados con respecto a la situación Argentina en relación a ellas y a otras específicas de la situación y el contexto nacional.

### **I. Redes:**

Se consultó sobre la creación redes, tanto a nivel nacional como internacional, que formalizaran y potenciaran la cooperación en el campo de las N&N. Ante tal pregunta, los entrevistados coincidieron en que la institucionalización de una red es una buena forma de difundir los conocimientos existentes entre los grupos dedicados a la Nanotecnología. Pues de esta forma se identifica a quien está trabajando en un dado tema, se muestran las especialidades existentes, y se facilita el trabajo en conjunto. Además, es evidente que el carácter esencialmente interdisciplinario de la Nanotecnología aumenta la necesidad de cooperación en redes ya que se necesita de experticia e instrumentos que se encuentran distribuidos en distintos lugares geográficos del país.

Ahora, al consultarle a los entrevistados sobre los casos específicos de redes impulsadas en Argentina, se obtuvieron reveladores comentarios con respecto a su funcionamiento. Las primeras redes de Nanociencias en Argentina se financiaron

---

<sup>162</sup><http://cabnn.mincyt.gov.ar/reunionbcsas.html> Consultada el 19-06-2011.

en el 2004 a través del Instrumento PAV. Se crearon 4 redes, sumando un total de 12 nodos institucionales diferentes, y con un subsidio para cada red de casi 900.000\$. En la Tabla 5.1 se muestra el nombre de las cuatro redes, sus respectivos nodos institucionales junto con el monto subsidiado.

Redes PAV		
Nombre	Nodos	\$
Laboratorio en Red para el Diseño, Simulación y Fabricación de Nano y Micro Dispositivos, Prototipos y Muestras.	*Universidad Nacional de Entre Ríos *Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Constituyentes *Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Bariloche *CONICET - Universidad Nacional del Litoral (INTEC - CIMEC) *Universidad Nacional del Nordeste	\$ 898.769
Autoorganización de bio-nanoestructuras para la transmisión de información molecular en neurobiología y procesos biológicos	*Universidad Nacional de Córdoba - CIQUIBIC *Universidad Nacional de San Luis - IMASL *Universidad Nacional de Tucumán - CONICET (INSIBIO)	\$ 893.694
Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología: materiales nanoestructurados y nanosistemas (MaN)	*Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Bariloche *Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Constituyentes *Universidad de Buenos Aires *CONICET - Lanais de RMS *Universidad Nacional de San Luis	\$ 899.959
Red Argentina de Nanociencia y Nanotecnología Molecular, Supramolecular e Interfases	*Universidad Nacional de Río Cuarto *Universidad Nacional de Córdoba *Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Bariloche *Universidad Nacional de La Plata - CONICET *Universidad Nacional de Buenos Aires *Universidad Nacional de San Luis *Comisión Nacional de Energía Atómica - Centro Atómico Constituyentes	\$ 861.560

**Tabla 5.1:** Elaboración propia en base a las resoluciones del FONCyT.

En este caso, los entrevistados expresaron los siguientes puntos positivos y negativos:

Con respecto a su aspecto positivo, además de los puntos ya mencionados para las redes en general, se expresó la importancia fundamental del instrumento en facilitar la movilidad de estudiantes en el país, permitiendo la capacitación en distintas técnicas y conocimientos, tal como ejemplifica el siguiente comentario realizado por uno de los entrevistados:

*“Siempre hay alguien que sabe más que vos de un tema, y vos sabés más que él en otro, y entonces se pueden complementar, y esto va a gran velocidad, se multiplica por cuatro o por cinco cuando trabajás en un tema determinado. Con respecto a los instrumentos, las redes PAV fueron revolucionarias y fundacionales a mi gusto, dado que permitieron intercambiar gente como vos querés. Por ejemplo, si la microscopía en Bariloche es buena, uno podía enviar a miembros del equipo allá a aprender. Eso ha sido fantástico.”*

Pero también se transmitieron visiones más escépticas sobre el funcionamiento de las redes. Se mencionaron argumentos que exponen ciertas deficiencias en sus estructuras que podrían ser remendadas en futuros planes para la generación y articulación

de redes en general. Uno de ellos se refirió a que las redes no fueron capaces de lograr una mayor integración entre los grupos de investigación ya que no se realizaron eventos financiados específicamente por la red, sino que se organizaron acciones que se hubiesen hecho igual de manera aislada, es decir, interactuando de a dos grupos, sin la necesidad de la estructura formal de una red. Se mencionó que el dinero asignado no era suficiente para coordinar otras actividades. Otro punto que se les criticaron es que no han sido redes integradoras, ya que no se han incluido a todas las instituciones del sistema científico y tecnológico que se encuentran trabajando en N&N, sino que solamente cierta parte de la comunidad participó en ellas, tal como se puede observar en la Tabla 5.1. Por ejemplo, ni los grupos del INTI ni el INTA, a pesar de tener líneas de I+D en N&N, formaron parte de la red. Además, se remarcó que faltó gente para un óptimo funcionamiento de 4 redes, afirmando que los pocos investigadores existentes en su momento en el país tal vez no tendrían que haberse dividido en 4 redes distintas, y que en cambio, se podría haber gestionado un menor número de redes, con más personas y con esfuerzos más concentrados.

Es evidente, que a diferencia de varias de las redes mencionadas en el Capítulo 4, las redes de los PAV fueron de origen científico, enfocadas en Nanociencias y demandadas completamente por el sector de investigación. El comentario del siguiente investigador es revelador al respecto:

*“A las redes le faltaron una acción política concreta de atrás, lo que falló es que la acción, la decisión política estaba en las mismas manos que participaba en las redes, y no había ninguna conexión con ningún actor social importante de planificación. Desde el punto de vista oficial, todo fue impulsado por los investigadores, se hicieron porque los investigadores dijeron que había que hacer redes.”*

Es decir que no hubo, como en el caso de las redes del exterior estudiadas, actores del sector privado u otras organizaciones de forma tal de guiar líneas de investigación en pos de realizar desarrollos tecnológicos en determinadas áreas necesitadas por el sistema productivo o la sociedad.

Precisamente para intentar resolver el problema de la falta de dirección, las redes de la convocatoria PAE incluyeron ese nuevo requisito para su conformación. En este caso, dos redes entraron en funcionamiento que explicitaron el trabajo en conjunto entre grupos de investigación y empresas, con una participación de 8 centros y grupos de I+D, en conjunto con 6 empresas. Si bien las sumas han sido muy superiores a los montos de las redes de los PAV, si se observa la asignación de dinero por parte de los distintos fondos de las agencias, se puede tener una aproximación de que el fin de los proyectos fueron

más de índole científico o tecnológico que productivo, ya que el FONTAR, fondo dedicado al financiamiento de innovación tecnológica, en ambos casos aportó una suma insignificante con respecto al total del proyecto. En la Tabla 5.2 se observan los dos proyectos y el monto financiado por el FONCyT y el FONTAR.

Nombre	Nodos	Total Financiado		Total
		FONCyT	FONTAR	AGENCIA
Centro Interdisciplinario de Nanociencia y Nanotecnología (CINN)	* UBA (Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales) * CONICET * CNEA * INVAP * NANOTEK S.A. * DARMEX S.A.C.I.F.I * B&W	\$ 8.711.850	\$ 360.000	\$ 9.071.850
Nodo para el diseño, fabricación y caracterización de micro y nanodispositivos para aplicaciones en el área espacial, la seguridad y la salud fase I.	* CNEA * CONAE * INTI * Universidad de San Martín * Universidad del Sur * Laboratorio Craveri SAIC * Aupet SA	\$ 5.937.250	\$ 150.000	\$ 6.087.250

**Tabla 5.2:** Elaboración propia en base a las resoluciones del FONCyT.

En este mismo sentido, se mencionó la importancia de incrementar aún más la cantidad de redes de asociaciones público privadas, dándole cierta institucionalidad a las asociaciones de este estilo. Se remarcó que esta demanda se empezó a responder a partir de la convocatoria sobre Nanotecnología del FONARSEC, que demandó la conformación de asociaciones público privadas, conformadas por empresas y centros o grupos de I+D en pos de implementar proyectos cuya finalidad es alcanzar desarrollos con aplicaciones industriales. En la Tabla 5.3 se encuentran los proyectos aprobados y los respectivos montos financiados por la ANPCyT y la contraparte. Evidentemente, los montos son muy superiores a los casos previos, y en los integrantes de los consorcios se aprecia un mayor número de empresas participantes en cada uno de los proyectos, cuestión que diferencia estas “redes” de actores en comparación con la generada en los dos tipos de redes previas. Aunque cabe subrayar que a diferencia de las plataformas tecnológicas europeas que son lideradas por la industria, los consorcios del FONARSEC fueron liderados por grupos de I+D del sector público, con un acompañamiento secundario del sector privado.

<b>Título de la Propuesta</b>	<b>Integrantes del Consorcio</b>	<b>Monto Contraparte</b>	<b>Monto del Subsidio Aprobado</b>	<b>Monto Total del Proyecto</b>
Plataforma tecnológica para el desarrollo y producción de nanotransportadores inteligentes para fármacos.	* Universidad Nacional Litoral * Gemabiotech SA * Eriochem SA	\$ 6.962.179	\$ 15.405.144	\$ 22.367.323
NANOPOC: Plataforma de nanosensores y bionanoinsumos para diagnóstico POC de enfermedades infecciosas.	* AADEE S.A. * Biochemq S.A. * Agropharma Salud Animal S.A. * Universidad Nacional San Martín * Instituto Nacional de Tecnología Industrial * Fundación de Investigaciones Biotecnológicas	\$ 8.511.233	\$ 13.045.155	\$ 21.556.388
Desarrollo de nanoarcillas modificadas y productos innovadores a partir de arcillas nacionales.	* Acur * Cozzuol * Minarmc o SA * Electroquímica Dem * Laboratorios Químicos SRL * Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas * YPF SA * Universidad Nacional de Mar del Plata	\$ 5.804.501	\$ 13.960.769	\$ 19.765.270
Cluster Nanotecnológico: Diseño, caracterización y obtención de nanomateriales y superficies.	* Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Tecnológicas * Comisión Nacional de Energía Atómica * Laring SA * Darmex SACIFI * INQUIMAE	\$ 3.924.063	\$ 9.742.200	\$ 13.666.263
Desarrollo, Producción y Aplicación de Nanocompuestos y Aleaciones Nanoestructuradas.	* Essen Aluminio SA * CT Electromecánica SRL * Asociación de Industriales Metalúrgicos de la República de la Argentina * Iapel SA * Universidad de Buenos Aires	\$ 3.463.074	\$ 6.422.200	\$ 9.885.274
Materiales magnéticos de estructura amorfa y nanométrica.	* Electropart Córdoba S.A. * INMEBA S.R.L. * Instituto Nacional de tecnología Industrial * Universidad Católica de Salta * Universidad de Buenos Aires	\$ 2.129.199	\$ 7.065.504	\$ 9.194.703
Obtención de nanoarcillas a partir de bentonitas patagónicas para su aplicación en nanocompuestos.	* Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas * Universidad Nacional de San Martín * Castiglioni, PES y Cia * Alloys SRL	\$ 2.288.471	\$ 6.626.390	\$ 8.914.861
Nanotecnología para textiles funcionales.	* INTEMA * Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas * Fundación Pro Tejer * Guilford Argentina SA * Instituto Nacional de Tecnología Industrial	\$ 2.162.148	\$ 3.197.000	\$ 5.359.148
<b>Monto Total</b>		<b>\$ 35.244.867</b>	<b>\$ 75.464.362</b>	<b>\$ 110.709.229</b>

**Tabla 5.3:** Elaboración propia en base a las resoluciones del FONARSEC.

En cuanto a redes en conformación, uno de los entrevistados mencionó que se está gestando en la ciudad de La Plata una asociación de centros del CONICET, con orientaciones básicas y aplicadas, con el fin de brindarles servicios y asesoramientos a las PYMEs de la zona.

Por fuera de las redes oficiales fomentadas desde el gobierno, también se detectaron otro tipo de redes y asociaciones que comparte el mismo fin de generar intercambios y vínculos entre actores en una misma temática. Por ejemplo, un entrevistado mencionó que en la ciudad de Campana se está generando una red de emprendedores que se reúne frecuentemente en forma virtual y presencial con el fin de aglomerar proyectos y emprendimientos sobre Nanotecnología. A su vez, se mencionó la creación de la Asociación Argentina de Nanomedicina<sup>163</sup> que representará a esta área en el país. Según los comentarios realizados, uno de los principales objetivos de su creación es darle visibilidad a las investigaciones que se realizan en nanomedicina en el país, identificando a todos los grupos de investigación que están elaborando estudios en el campo. Además, la asociación se encargará de detectar empresas nacionales y extranjeras, con el fin de crear vínculos con ellas para realizar la transferencia de los conocimientos creados, y de esta forma se buscará incentivar el crecimiento de los recursos humanos, al mostrar que además de las investigaciones es posible realizar transferencias a la industria. Otro de los objetivos mencionados es proponer líneas de investigación prioritarias a los decisores de política, y en los casos necesarios, proponer políticas públicas específicas para los grupos del campo nanomédico. Por último, desde la asociación se pretende impulsar y formar parte de una asociación a nivel latinoamericano que represente a la nanomedicina de la región frente a las asociaciones ya existentes en otros países y regiones del mundo, como la Sociedad Americana de Nanomedicina<sup>164</sup> entre EEUU y Canadá, o la Sociedad Europea para la Nanomedicina<sup>165</sup>.

## **II. Centros o Facilidades Nacionales:**

Otro tema que fue mencionado en algunas de las entrevistas se relaciona con las políticas detectadas en el Capítulo 4 sobre la creación de centros o facilidades nacionales en Nanotecnología. Varios de los entrevistados mencionaron que la idea se encuentra en discusión dentro de la comunidad, que consistiría en crear un centro que contenga instrumentos que implementen distintos tipos de técnicas de medición de alta resolución, y que permitan estudiar distintas facetas de los materiales en la nanoescala. Pero un punto importante que los entrevistados mencionaron es que el centro no sería solamente de investigación, sino que debería tener un porcentaje de sus actividades dedicadas a realizar apoyo y desarrollos para la

---

<sup>163</sup> <http://www.nanomed-ar.org.ar/> Consultada el 19-06-2011.

<sup>164</sup> <http://www.amsocnanomed.org/> Consultada el 19-06-2011.

<sup>165</sup> <http://www.esnam.org/> Consultada el 19-06-2011.

industria, y otra parte a servicios de distinto tipo, tanto para el sector público como para grupos de investigación, prestando especial atención a los equipos y técnicas necesarias para escalar los desarrollos a escala piloto a escala productiva. La idea sería que el centro se transforme en un polo de atracción, que no sólo sea un punto de reunión para la comunidad científica, tecnológica y productiva a nivel nacional, sino que además atraiga expertos y especialistas de otros países, incrementando el flujo de conocimientos y que motive aprendizajes en el lugar. Por ejemplo, el diseño se podría inspirar en las *facilities* existentes en Quebec, Canadá, donde la infraestructura se comparte entre grupos de I+D y a empresas para que usen los equipos del lugar y eventualmente contratan el conocimiento de los científicos que están ahí. A su vez, se puede considerar la generación de plataformas online para ofrecer el instrumental disponible, como hace el Nanoquebec<sup>166</sup>.

### **III. Plan de Nanociencias y Nanotecnologías:**

El tema de la necesidad de definir un conjunto de prioridades y áreas en las cuáles trabajar a nivel nacional fue recurrente en casi todas las entrevistas. Se mencionó que se necesita definir a donde se van a dirigir los esfuerzos, donde Argentina quiere ser primero en Nanotecnología y de ahí, realizar y cumplir un plan que permita organizar los recursos para satisfacer las metas definidas. Eso al momento de realizar el trabajo de campo no existía, y varios de los entrevistados recalcaron que no era un tema de discusión dentro de la FAN. Aunque cabe señalar que en el momento del trabajo de campo esto se empezó a discutir en las mesas organizadas para la elaboración del Plan Nacional de CTI 2012-2015, pero nuevamente se manifestó que la participación y representación de la comunidad no fue la más adecuada. No obstante, también se destacó que teniendo en cuenta las oportunidades que promete la Nanotecnología para incrementar las capacidades industriales, varios países han preferido crear iniciativas o planes particulares para promover con mayor foco la Nanotecnología, independientemente de su inclusión o no dentro de un plan nacional.

### **IV. Sistema de información:**

Algunos entrevistados destacaron la necesidad de contar con un buen sistema de información en Nanotecnología, en donde se pueda acceder de forma online a una base de investigadores y de empresarios dedicados al tema, subdivididos según áreas de I+D y aplicaciones. Además, se sugirió contar con indicadores de seguimiento de las actividades de la comunidad, como así también de enlaces a artículos e investigaciones de relevancia, tanto a nivel nacional como internacional. De esta forma se difundirían las actividades realizadas y sería una forma de que, empresarios u otros interesados, sepan a quien podrían

---

<sup>166</sup><http://www.nanoquebec.ca/en/qni.php> Consultada el 19-06-2011.

contactar a nivel nacional para la resolución de un problema tecnológico en sus procesos productivos, tal como señaló el siguiente entrevistado:

*“Sería útil contar con mapas de información, mostrando las últimas aplicaciones realizadas por industria, tomada de diarios del exterior y desde acá. Pero para hacer eso se necesita una oficina con dos o tres personas. Con gente tomando la información de las investigaciones realizadas. Lo mismo con respecto a los análisis bibliométricos de nanotecnología, se necesita mantener actualizado esos informes para saber cuál es el estado actual. Ahora no tenemos ni idea en donde estamos parados.”*

En este sentido, en un par de entrevistas se mencionó una reciente convocatoria del MINCyT para presentar expresiones de interés para la contratación de un equipo de consultores con el fin de realizar un estudio desarrolle un sistema de información para Nanotecnología, o también denominado sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. El fin de este sistema sería cubrir varias de las demandas reclamadas por los investigadores entrevistados. Al mismo tiempo, se mencionó una iniciativa de la FAN, “Quién es quién”, que busca difundir información sobre los principales especialistas en la temática en el país.

#### **V. Plataformas Tecnológicas y Políticas regionales:**

Los entrevistados vieron con buenos ojos la creación de plataformas tecnológicas a partir de las convocatorias de los FONARSEC. Si bien estas plataformas son de alcance nacional, se mencionó que se podría extender el concepto para la creación de plataformas a nivel regional, parecidas a las existentes en el caso Europeo. Por ejemplo, se podría tener en cuenta la experiencia adquirida a nivel regional para la puesta en práctica de la plataforma de Biotecnología Biotecsur<sup>167</sup>, con el fin de realizar una plataforma de Nanotecnología a nivel Mercosur, En esta experiencia previa, se realizaron proyectos entre empresas, centros académicos y públicos pertenecientes a los países del Mercosur, con el objetivo de trabajar mirando el conjunto de las capacidades científicas y tecnológicas de la región. La lógica de esta propuesta se sostiene en el hecho de que si se suman los esfuerzos y las capacidades existentes en Nanotecnología en el Mercosur, se podría competir en ciertos campos contra otros bloques a nivel mundial. En este sentido, dentro del Mercosur existe la Reunión Especializada de Ciencia y Tecnología<sup>168</sup> (RECyT) que se encarga de armonizar las tareas y posiciones en el campo científico y tecnológico

---

<sup>167</sup><http://www.biotecsur.org/> Consultada el 28-06-2011.

<sup>168</sup><http://www.recyt.mincyt.gov.ar> Consultada el 28-06-2011.

dentro del bloque, posee un programa marco de CTI 2006-2010, en donde ya se ha contemplado a la Nanotecnología como una de sus áreas estratégicas para la realización de acciones en pos de promoverla en la región.

#### **VI. Asociaciones o Cámaras Empresariales:**

Una propuesta interesante realizada por un par de entrevistados, fue la necesidad de incrementar la difusión sobre el uso de la Nanotecnología a través de las asociaciones o cámaras empresariales, como así también asociaciones de profesionales, de pequeñas industrias, como por ejemplo la Asociación de Industriales Metalúrgicos o la Cámara de la Industria de la Pintura, entre otros. Y a su vez, a través de las mismas canalizar demandas y problemas específicos que se pueda encontrar en la aplicación de la Nanotecnología en dichos sectores. Por ejemplo, ante la pregunta de quién sería el organismo más indicado para delinear que líneas son de interés para una industria, la respuesta fue que lo más probable sería la cámara que representa los intereses de la misma, haciendo llegar las demandas del sector a los representantes políticos con el fin de definir y reorientar adecuadamente los senderos a seguir. Esta propuesta seguiría la tendencia detectada en el Capítulo 4 sobre la creación de asociaciones empresariales que promueven y defienden los intereses de las empresas trabajando con Nanotecnología.

#### **VII. Polos de competitividad, Unidades de Vinculación Tecnológica e incubadoras de empresas**

Si bien esta tendencia fue encontrada en las políticas de promoción a nivel internacional, al consultarle a los entrevistados sobre su opinión favorable o no en la creación de un polo tecnológico o clúster al estilo francés, no hubo posiciones claras al respecto. Esto puede deberse a la existencia de un vacío en cuanto a la concepción de un clúster, tal vez confundiéndolo con el concepto de centro o laboratorio nacional, que es un tema que se podría indagar en futuros estudios. También se mencionaron las unidades de vinculación tecnológica, recalándose que en el país las mismas no han cumplido exitosamente su función, lo cual coincide con estudios previos en la literatura (Kababe, 2010). Por último, se mencionó la necesidad de contar con incubadoras de empresas que apoyen a los nuevos emprendimientos en Nanotecnología, permitiendo así el surgimiento de *Spin-Offs* a partir de proyectos de I+D o de iniciativas de emprendedores, estimulando el intercambio entre nuevos emprendimientos y científicos y tecnólogos, tal como está sucediendo en USA (Wang & Shapira, 2009). Sin embargo, los entrevistados que respondieron a la pregunta, coincidieron en que faltaría más gente en el sistema para que sean más probables los pasajes del sistema de CyT a la creación de un nuevo emprendimiento. La FAN ha iniciado a trabajar en esta

dirección, pues recientemente ha lanzado un programa de incubación de empresas<sup>169</sup>, invitando a emprendedores a presentar sus proyectos para incorporarse al programa.

#### VIII. **Legislación, Regulaciones y Estándares:**

Desde el punto de vista legislativo, las personas entrevistadas mencionaron distintos aspectos legales que podrían impedir, trabar o demorar el desarrollo del SNA. Entre ellos se mencionó la necesidad de reformular leyes aduaneras que regulan la exportación de productos, dado que no contemplan a aquellos en base a Nanotecnología lo cual actualmente impide que se reconozca que se le está agregando valor a un producto de exportación, como por ejemplo al nanohierro.

Con respecto a las regulaciones y los estándares, tanto en las actividades de I+D como en el uso de la Nanotecnología en el sector privado, se realizaron varios comentarios al respecto. En el conjunto de investigadores entrevistados se coincidió sobre la importancia que se le debe dar al tema regulatorio y sobre la prudencia que hay que tener para abordar el tema en las investigaciones y desarrollos en N&N. Como ya se mencionó, existe la preocupación sobre los elementos en esa escala que podrían ser tóxicos según el uso que se les dé. Por supuesto que en el laboratorio los expertos toman precauciones profesionales que evitarían posibles problemas en el manejo diario. Sin embargo, si las nanopartículas u otros nanoobjetos llegan comercialmente a la sociedad, una persona leiga en la materia no tiene porque saber cómo manejarlas con cuidado para evitar posibles riesgos en su salud. En especial en los productos relacionados con medicina, en nanomateriales, o en aquellos productos para la industria alimentaria y cosmética, en donde los nanoobjetos entrarían en contacto directamente con el sistema inmunitario humano. Por ende, se abogó por la necesidad de contar con regulaciones en la temática. En el grupo de investigadores se presentaron dos posturas al respecto. Por un lado, algunos expresaron que es posible regular las actividades con las leyes preexistentes, sin necesidad de crear nuevas. Por ejemplo, utilizando el principio de precaución en las áreas más críticas, pero utilizándolo de una forma razonable y que no se vuelva un obstáculo para las áreas de I+D. Por otro lado, el resto de los investigadores remarcó que será necesaria la introducción de toda una nueva gama de regulaciones pues hay efectos que no son contemplados por las actuales.

Asimismo, se destacó la necesidad de poner en la agenda política la temática con mayor énfasis. Por ejemplo, mediante la organización de eventos en donde se discuta sobre las regulaciones en Nanotecnología. En Argentina se ha organizado un comité en el IRAM que está estudiando el tema, siguiendo los desarrollos y las discusiones a nivel internacional llevadas a

---

<sup>169</sup>[http://www.fan.org.ar/pdf/Invitacion\\_FAN.pdf](http://www.fan.org.ar/pdf/Invitacion_FAN.pdf) Consultada el 28-06-2011.

cabo por la ISO, que todavía no están saldadas. Por tal motivo, una participación mayor de la comunidad podría ayudar en el proceso de redacción y formulación de las normas, incluyendo las distintas miradas existentes sobre este complejo y delicado fenómeno.

De igual manera, se destacó la necesidad de que se desarrolle una Nanotecnología sustentable, buscando evitar que las empresas cometan errores, como los problemas ya mencionados en la sección de toxicología con los lavarropas, para desarrollar una percepción pública positiva de la N&N en la sociedad.

Los entrevistados del sector privado remarcaron la necesidad de contar con regulaciones. A su vez, enfatizaron aún más la necesidad de normas, en particular las relacionadas con el tratamiento seguro de sustancias en la escala nanométrica de forma tal que sean reconocidas por las Aseguradoras de Riesgo de Trabajo. Pues al no existir las mismas, no sería legal introducir trabajadores en un ambiente de trabajo para que manipulen nanomateriales o nanopolvos. Sin duda esta es una laguna legislativa importante que se tendría que resolver en la brevedad si se quieren promover emprendimientos productivos en áreas que necesitarán de dicha tecnología.

#### **IX. Inversión Privada:**

Varios entrevistados señalaron la insuficiencia de Capital Emprendedor en Argentina, la cual es una tendencia ya conocida en la literatura sobre el tema en Argentina (Jacobsohn & Carullo, 2004). Si bien actualmente hay ejemplos de grupos de inversores interesados en la temática, como Innovatekne<sup>170</sup>, que buscan financiar emprendimientos relacionados con la temática o como el Banco Santander, los entrevistados coinciden que los existentes no son suficientes. Por tal motivo, se reclamaron más políticas en pos de aumentar el capital emprendedor de origen privado en el país, que serían un posible factor más para la promoción y el establecimiento de nuevos emprendimientos en Nanotecnología.

#### **vii. Otra limitante del Sistema Nacional de Innovación:**

En el transcurso de las entrevistas, se mencionaron en repetidas ocasiones otro tipo de barreras a vencer dentro del Sistema de Innovación Argentino que abarcan la problemática inherente dentro del SNA y que por ende vale la pena mencionarlas al menos brevemente. Entre ellas, se explicitaron algunas que ya han sido mencionadas sintéticamente en trabajos previos (Lugones *et al*, 2005), pero que sin duda terminan afectando el desempeño actual y del mismo de los actores involucrados y atentarían en contra del desarrollo del SNA, como por ejemplo el exceso de burocracia, los cambios frecuentes en la forma de

---

<sup>170</sup><http://www.innovatekne.com/>

operar de los instrumentos de financiación, entre otras. En particular, a continuación mencionaré con más detalle la cuestión referente al sistema de evaluación o incentivos que juega en contra del desarrollo de un área fuertemente tecnológica en el país, como lo es la Nanotecnología.

Este tema fue repetido en las entrevistas donde se hizo alusión a la incoherencia existente en el sistema de evaluación existente principalmente en el CONICET y en las universidades nacionales. El mismo se basa en la evaluación de las actividades de investigación y desarrollo a través de sus productos, que son las publicaciones científicas, y en menor medida las patentes. Como las segundas son muy pocas en el país (RICyT, 2010), los métodos algorítmicos que permiten evaluar la calidad de los investigadores, su ascenso o promoción en las carreras de investigación, se basan mayoritariamente en la cantidad de publicaciones en revistas con referato internacional. Es decir, artículos que son publicados en revistas, la mayoría de las veces del exterior, en donde se exponen los últimos avances en los distintos campos de la ciencia. Sin embargo, aquí surgen los siguientes dos inconvenientes.

Primero, estas revistas definen ciertos temas de su interés, líneas de investigación en las cuáles hay que indagar para poder publicar un artículo en ellas. En ciertas ramas de la ciencia, las temáticas elegidas muchas veces no están relacionadas con las demandas del país de origen de los investigadores, pero como el sistema evalúa por esas publicaciones, las líneas de investigación que los investigadores eligen pueden llegar a quedar influenciadas o definidas por intereses ajenos al país de origen de ellos.

Segundo, el problema crucial con el sistema de evaluación es que es muy bueno para la medición de investigaciones básicas, pero a la par, es completamente inadecuado para medir en toda su complejidad el trabajo de un tecnólogo, más dedicado a trabajar en conjunto con la industria, es decir a transferir tecnología. El dilema surge cuando se quiere producir tecnología nueva, pues en tal caso un investigador tendría que dedicar un tiempo a desarrollar el nuevo producto o proceso, y una vez terminado, el paso lógico siguiente es protegerlo por medio de los derechos de propiedad industrial, como las patentes, para transferirlo a una empresa. Pero al querer patentar su invención, el tecnólogo se tiene que abstener de publicar la invención en una revista, pues es una condición previa para obtener la patente que no se haya difundido. Esto acarrea inconvenientes para los investigadores que pertenecen a la carrera de investigación del CONICET, en donde se los mide por publicaciones, pues han invertido gran parte de su tiempo de trabajo en realizar un nuevo producto o proceso, queriendo llevarlo a una patente, pero el sistema no contempla esos esfuerzos del mismo modo en los que se cuantifica a la cantidad de artículos científicos, o las citas a los mismos. Sumado a esto, se debe considerar que la obtención de una patente suele tardar mucho más que la

publicación de un artículo, según el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial de Argentina<sup>171</sup>, el tiempo promedio de concesión de una patente es de 5 años, y en ese transcurso, el investigador no ve su actividad valorizada por los sistemas de evaluación. Además, se mencionó que la situación de los becarios de doctorado es aún más grave. Pues allí si se evalúa la calidad de su trabajo principalmente a través de una publicación de los resultados preliminares. No obstante, se remarcó que la creación de un doctorado cofinanciado entre empresas y el CONICET ha sido una buena iniciativa, que se tendría que repetir, y evaluando obviamente más la creación de tecnología.

Esta problemática queda claramente evidenciada a partir del siguiente comentario de uno de los entrevistados:

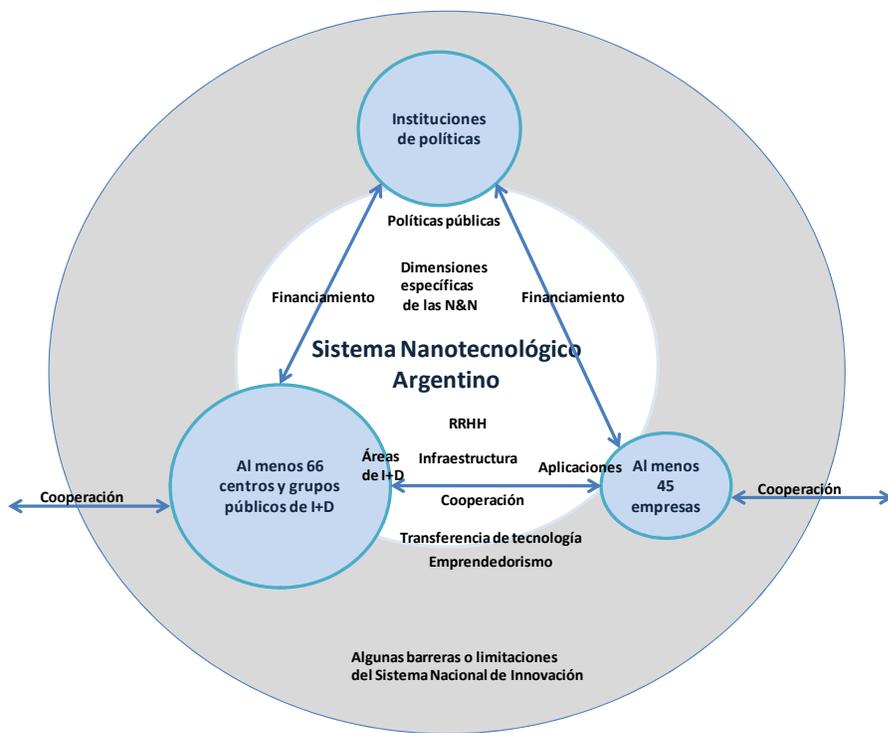
*“El estado promueve instrumentos interesantes para desarrollar cosas útiles, para generar valor, pero el problema es que las universidades y el CONICET les da a la gente un marco de evaluación que los aleja de eso. Está el instrumento para desarrollar tecnología, productos, mercado, la gente se anota, pero en el fondo quiere hacer carrera en las universidades, en el CONICET, está pensando en el parámetro H de scopus y deja el objetivo del proyecto de lado. Es problema del sistema que es contradictorio o falta gente. Porque la mayoría está haciendo una carrera científica que es mirar su parámetro H y mejorarlo, sus publicaciones, etc. Y por otro lado, ya el FONARSEC y otros fondos, cada vez están más orientadas a mejorar productos, la competitividad de las empresas en innovaciones, pero los recursos humanos están pensando en otras cosas. O mismo la gente se disfraza, se anota en los instrumentos de desarrollo tecnológicos, compra el equipo, compró un microscopio de 3 millones de dólares, como es un tipo muy capaz con ese sistema se le expanden los resultados de su investigación, publica en las mejores revistas y conferencias mundiales, y sigue estando en los top, mientras escondió diciendo que iba a usar el equipo para desarrollo tecnológico, porque el equipo le vino por ahí.”*

Estas dificultades guiarían a que los investigadores y becarios en sus carreras de investigación se inclinen más por las ciencias básicas, que son más fácilmente publicables y medibles por el sistema de evaluación actual, que a un área tecnológica como la Nanotecnología, lo cual limita el personal dedicado al área y las posibilidades de que los desarrollos en la misma impacten a nivel, ya que reducen el número de recursos humanos que podrían dedicarse al área.

A modo de síntesis de este capítulo, en la Figura 5.12 se muestra un esquema de los actores que componen el SNA, y los conceptos relacionados con los 6 puntos que han sido desarrollos, dilucidando los distintos tipos de conexiones existentes dentro del sistema:

---

<sup>171</sup>[http://www.inpi.gov.ar/templates/patentes\\_preguntas.asp](http://www.inpi.gov.ar/templates/patentes_preguntas.asp) Consultada el 28-06-2011.



**Figura 5.12:** Sistema Tecnológico de Nanotecnología. Elaboración propia.

## Capítulo 6: Conclusiones y sugerencias de política

Ya en el final del trabajo de investigación, es útil realizar una síntesis de los principales resultados obtenidos a partir de la indagación de los objetivos iniciales en los cuales se focalizó el estudio realizado sobre la Nanotecnología.

En primer lugar, se estudió la Nanotecnología y se caracterizó este fenómeno emergente. Se mencionó que se trata de un área que todavía no cuenta con una definición consensuada a nivel internacional, lo cual trae aparejado ciertas dificultades en su análisis, pues no son del todo claros los bordes que delimitan el campo y que permiten separar lo que es de lo que no es Nanotecnología. Además, se vio que no se trata de una sola tecnología como su nombre parecería indicar, sino que todo lo contrario. La Nanotecnología es un término paraguas que agrupa una diversidad de disciplinas y de tecnologías, y por supuesto, esto redundando en que hay una multiplicidad de aplicaciones posibles en diversos sectores industriales. Esto suma a la complejidad del fenómeno bajo estudio, que no puede ser analizado desde una sola óptica, sino que tienen que contemplarse desde distintas dimensiones para comprender su dinámica, por ello, se habló de las distintas formas de innovar, del rol de los instrumentos, las distintas técnicas de *Bottom-Up* y *Top-Down* para construir en Nanotecnología, entre otras dimensiones, como las cuestiones regulatorias y de estándares, junto con las de decisiones éticas sobre que sí y que no investigar. Todas ellas permiten caracterizar parte del fenómeno pero ninguna lo abarca completamente. También se destacó la relevancia de la interdisciplinariedad del campo, que requiere una formación más flexible para los futuros investigadores y tecnólogos de forma tal que puedan conversar con fluidez con pares de área de conocimiento cercanas. Igualmente se detectó que se considera a la Nanotecnología como un conjunto de tecnologías de propósito general que tendrán a aplicarse en numerosos sectores industriales, tal como ocurrió con las TIC, que es la característica que algunos analistas le asignan a la biotecnología. Ahora bien, acá hay una distinción interesante que hacer, ya que el grado de penetración de la Nanotecnología en la industria podría ser aún mayor que el de las TIC, que de por sí ya es mayor que el que ha tenido o podría tener la biotecnología. Esto se debe a que la Nanotecnología incluye técnicas que ocurren en una determinada escala de la materia donde surgen nuevas propiedades, y por ende, sus efectos no sólo incluirán a las TIC y a la biotecnología, sino que también sus efectos se sentirán en cualquier otro tipo de material y tecnología, y por ende, teóricamente no habría casi campo que no pudiera ser mejorado en base a modificaciones estudiadas de las propiedades que emergen en la nanoescala. Y este punto precisamente es el que más destaca las potencialidades que tiene el área. Esta interconexión con las otras dos tecnologías de propósito general, en parte se corresponde con la relación que hay en la llamada convergencia, nano-bio-tic-info, que como consecuencia trae aparejado que se está volviendo difícil hablar de tecnología o disciplinas de una manera segmentada, compartimentalizada o

independiente. Las mismas se están cruzando y lo seguirán haciendo, y los futuros análisis tendrán que considerar esta riqueza y complejidad del área, con sus múltiples facetas, y la forma de interrelacionarse entre ellas.

En segundo lugar, se estudió cual es la situación de la Nanotecnología en otros países y que políticas específicas o formas de organización se han utilizado para promoverla. Se detectó que efectivamente se está desarrollando una intensa carrera a nivel mundial para realizar aplicaciones y crear conocimientos en Nanociencias y Nanotecnología. Esto quedó dilucidado a partir de los gráficos sobre patentes y publicaciones, sumado a las millonarias inversiones de dinero para promover el área, que se ven incentivadas por los jugosos pronósticos de mercado que estiman rentas extraordinarias para los que inviertan en N&N. También, es evidente que, si bien los avances en Nanotecnología se remontan a décadas de trabajos de I+D, recién el campo ha cobrado relevancia política hace un poco más de una década a partir del accionar de los Estados Unidos, dado que las primeras señales sobre la importancia de la Nanotecnología se iniciaron con los debates para la creación de su iniciativa nacional. En cuanto a las políticas del conjunto de países estudiados, el inventario de instrumentos de política permitió conocer que se han implementado varias estrategias específicas para aumentar las probabilidades de que los desarrollos nanotecnológicos terminen en el mercado. Aquí es donde, salvando las diferencias existentes, Argentina puede estudiar y evaluar cuáles se podrían tomar como inspiración para el diseño de instrumentos de política en nuestro contexto. Las experiencias muestran una cercanía entre los laboratorios de investigación y desarrollo con el sector empresario cada vez mayor, como por ejemplo la creciente ola de creaciones de centros nacionales de Nanotecnología enfocados en áreas específicas de trabajo en conjunto con empresas. Esto se justifica, dado que como se mencionó en el primer capítulo, la Nanotecnología está fuertemente basada en ciencia, y por tal motivo, las empresas buscan interactuar y trabajar con los centros en donde se está generando el conocimiento de punta para trabajar en la nanoescala. Del mismo modo, es llamativa la cantidad de iniciativas y programas específicos que se han creado para el fomento de la Nanotecnología, independientemente de los programas o planes nacionales que cada país ya tiene en marcha para la promoción de la ciencia, tecnología e innovación en general. Esto señalaría que el tema se ha vuelto de tal importancia, que se están realizando fuertes apuestas con el fin de aprovechar los mercados ya existentes o los nuevos que se puedan crear, y Argentina no se puede quedar ajena a esta carrera a nivel mundial.

En tercer lugar, se caracterizaron los actores que conforman lo que se denominó como Sistema Nanotecnológico Argentino, identificando las principales instituciones públicas actuando específicamente en el área, y se propuso una tipología de empresas relacionadas con la Nanotecnología. Luego, se desmembró la evolución y la situación actual del SNA que, a nivel

político e institucional, se inició en Argentina en el 2004 con las primeras redes de la ANPCyT. Luego, se profundizó con la creación de la FAN en el 2005 junto con la convocatoria a proyectos en el 2006, terminando en la presentación a proyectos más complejos del FONARSEC en el 2010 compuestos por alianzas público privadas. Las tendencias muestran que el sendero evolutivo de sistema está direccionado a interactuar más con el sector industrial, y el gran salto parece haberse iniciado en el 2010, pues la introducción de los FONARSEC ha logrado incrementar las alianzas entre empresas y grupos de I+D para la realización de proyectos millonarios en el área. Estos recién se están iniciando, las esperanzas de éxito y las promesas son muchas, y los resultados recién se podrán ver en unos años. Pero lo que quedó claro, es que hubo una evolución desde los primeros instrumentos que no dejaban de ser solamente financiamiento para grupos de I+D, a los últimos, en donde está marcada la importancia de que los desarrollos terminen en productos o nuevos procesos que enriquezcan el tejido industrial nacional, aunque sin duda pueden seguir mejorándose en los varios puntos que fueron mencionados en el capítulo 5. Como por ejemplo, lograr que los proyectos productivos estén bajo el liderazgo de las demandas industriales, tal como sucede en las plataformas tecnológicas de origen europeo. Por otro lado, si bien se detectó un número de 45 empresas incipientes en el área, con distintos grados de desarrollo y aplicación de la Nanotecnología, no hay que perder de vista que si lo que verdaderamente se busca es que estas nuevas tecnologías tenga un fuerte impacto en la economía Argentina, aún el número es escaso y están claramente faltando más empresas innovadoras que incursionen en la temática. Además, el análisis de la situación nacional reflejó varios puntos que pueden ser resueltos con medidas políticas, entre ellos el rumbo no muy claro que se percibió dentro de la comunidad. Las oportunidades que ofrece la Nanotecnología son muchas, algunas se aventuran a afirmar que casi infinitas, si es así, pues no hay que olvidarse que si bien las posibilidades son infinitas, lamentablemente los recursos y los tiempos son escasos y bien finitos. Por ende, si Argentina quiere verdaderamente ser competitiva en alguna área de la Nanotecnología necesita concentrar los esfuerzos de forma más sistemática. La definición de prioridades en el FONARSEC fue un avance en ese sentido, pero sólo con ellas no alcanza pues muchas de las capacidades existentes a nivel nacional han quedado soslayadas en dicha convocatoria y tampoco ayudan a organizar la comunidad en el mediano a largo plazo. A su vez, el análisis dio indicios de una clara segmentación de áreas, con relaciones de poder existentes que limitan la visibilidad de algunas a expensas de otras, con grupos de investigación desarrollados, publicando en las mejores revistas científicas a nivel internacional, pero, con escasas conexiones con el sector industrial, que no deja de ser una de las características del sistema nacional de innovación argentino. Los motivos de este accionar son muchos y ya conocidos que fueron mencionados en el trabajo, y es por donde principalmente se tendría que tomar medidas. También, otro punto débil del SNA evidentemente se encuentra en la creación de mercados, que a su vez está relacionada con la escasa

cantidad de empresarios innovadores y de emprendedores que incursionen en nanotecnología. Y dado que son muy escasos los incentivos explícitos para el desarrollo de mercados, es entendible que la cantidad de estos actores sea acotada, y que los pocos existentes son probablemente los pioneros en el área de su especialidad. Pero al mismo tiempo, esto presenta un posible lugar vacante donde el gobierno podría intervenir, promoviendo la creación de ciertos nichos de mercado que hagan florecer empresas que necesiten de la Nanotecnología para sus negocios.

Ahora, volviendo a otra de las preguntas mencionadas en la introducción sobre el papel que la Nanotecnología puede jugar en el desarrollo del país, algunos afirman que en el edificio mundial, Argentina tiene vedados ciertos pisos, entre ellos, el de producción industrial en base a Nanotecnología. Este tipo de argumentos, que se repite con bastante frecuencia, es erróneo y esto se debe a que la Nanotecnología, si bien parece una palabra inocente, oculta múltiples cosas detrás de la misma, entre ellas, varias y muy diversas aplicaciones de distinta índole en diversos sectores industriales que las personas que afirman la incapacidad de Argentina en este campo, no siempre llegan a vislumbrar. Es evidente que Argentina no puede ser competitiva económicamente en todos los campos, y difícilmente lo pueda en aquellos en los cuales otros países nos llevan años de ventaja en inversiones y desarrollos tecnológicos, pero sin duda hay oportunidades en crear nuevos mercados o en ocupar nichos de mercado en distintos sectores industriales agregando valor a la expertise existente en sectores industriales de peso y relevancia en el país. Ante todo cambio siempre se expresan voces contrarias a las capacidades nacionales en estas nuevas áreas, como seguramente habrá ocurrido en los años 60 en los albores de la industria de las TIC, o en los 70 con el crecimiento de la biotecnología. Sin embargo, basta con citar empresas como Biosidus en biotecnología o Globant u otras de las tantas existentes en TIC, como para contrarrestar a este tipo de pensamientos. Por eso no hay que perder de vista que, tal como se citó a Carlota Pérez en la introducción del trabajo, los cambios que se están y que se seguirán generando en los paradigmas tecnoeconómicos, abren ventanas de oportunidad, y en este caso los avances de la Nanotecnología están generando posibilidades en donde nuestro país puede llegar a ocupar un lugar, y será cuestión de saber elegir los caminos más convenientes para aprovechar dichas oportunidades.

En cuanto al origen de las aplicaciones de Nanotecnología en el país, dada la importancia que el área ha tomado a nivel internacional, se puede hipotetizar sobre el origen de las mismas. La primera opción que uno podría pensar, y que ya está ocurriendo, es a partir de desarrollos de empresas del exterior que tienen su sede en Argentina y que deciden introducirla y aplicarla en las líneas de su especialidad en el país, o empresas en Argentina que comercializan este tipo de tecnologías importadas desde el exterior. Por ejemplo, aquellas empresas que se dedican a importar productos enriquecidos con

Nanotecnología fabricados en otros países como algunos componentes de Notebooks o el mismo Ipad, o las empresas de microscopios que se mencionaron en el Capítulo 5, que sólo comercializan las distintas clases de productos elaborados en el exterior. La otra opción existente, y tal vez la más conveniente a promover en Argentina, es aprovechar las bajas barreras de entrada y hacer uso de las ventanas de oportunidad, promoviendo empresas de origen nacional que se introduzcan en nichos de mercado o incluso que creen nuevos mercados en base a los conocimientos y tecnologías desarrollados en el país. El análisis del capítulo 5 mostró que algunas empresas ya se encuentran experimentando en esta dirección, y esto es posible dado que los conocimientos necesarios para entrar en el campo de la Nanotecnología generalmente están en etapa de investigación y desarrollo, y a pesar de que en algunas aplicaciones sí se necesitan grandes inversiones de \$ en infraestructura y equipos, en otras no tanto, y en ambas, los principios científicos y tecnológicos en los cuales se sustentan pueden ser todavía absorbidos y desarrollados por especialistas en la temática buscando asociaciones público-privadas que complementen las capacidades de cada uno de los actores intervinientes. Respecto a cuáles son las áreas a elegir para estimular a nivel nacional, la respuesta se escapa a los objetivos de este tipo de estudio. Pero si uno tuviera que buscar, hay sectores en donde se pueden obtener resultados interesantes, como el de energías renovables, salud, metalmecánica, tratamientos de agua y aplicaciones relacionados con remediación ambiental, entre otros que fueron mencionados a lo largo del estudio.

Otra pregunta relacionada que vale la pena mencionar, aunque sea brevemente, es, ¿Qué tipo de desarrollo se busca para el país en Nanotecnología? Si se quieren pocas empresas de alta tecnología que exporten productos de alto valor agregado, puede ser factible, pero es dudable que este tipo de modelo pueda llegar a contribuir a resolver algunos de los problemas centrales que afectan a la Argentina, como la pobreza, desigualdades sociales, entre otros. Pues en tal caso, tan sólo existirían algunas empresas de elite, mientras que el resto de la Nanotecnología inundaría el país pero desde el exterior. En cambio, la mejor opción es buscar generar activamente desarrollos que se vayan introduciendo, enriqueciendo la producción nacional en distintas cadenas de valor y sectores industriales, generando redes asociativas de productores, y enriqueciendo el quehacer en base a esta tecnología, sin que necesariamente toda ella sea de alta tecnología. Pues algunas ramas de la Nanotecnología no requieren de grandes inversiones, y pueden tener aplicaciones con un alto impacto social, como por ejemplo aquellas tecnologías destinadas a realizar tratamientos para potabilizar agua, o incluso su aplicación en la elaboración de cocinas solares portátiles. Esto requeriría una fuerte apuesta e inversión en un conjunto de tipos de tecnología, es decir, no sólo aquellas nanotecnologías de alta tecnología pero de un alcance social más limitado, sino también de aquellas de un menor nivel tecnológico pero de un alto impacto social.

Cabe resaltar que el trabajo de investigación de esta tesis deja abiertas numerosas preguntas sobre las cuales se podría seguir indagando en un futuro. Entre ellas se encuentran algunas específicas de la Nanotecnología, como ¿Qué tipo de innovaciones son más factibles y accesibles para implementarse en nuestro territorio?, ¿Cómo se pueden aplicar los conocimientos en las cadenas de valor desarrolladas en el país?, ¿Qué cadenas de valor absorberán y aprovecharán mejor la nanotecnología?, ¿Qué líneas de I+D promover estratégicamente en Argentina?, entre otras. Aunque también se pueden formular preguntas más generales referentes a las debilidades de nuestro sistema nacional de innovación, y por supuesto, qué tipo de modelo de desarrollo es más recomendable para el país dentro del contexto internacional.

Por último, durante la elaboración del presente estudio se pudo adentrar en la forma en la que se ha venido desarrollando la Nanotecnología en el país, y se han identificado distintas dimensiones en donde se podría intervenir con un conjunto de iniciativas e instrumentos de política sistémicos a fin de fortalecer y estimular el sistema. A continuación se sugieren un conjunto de medidas específicas divididas en 12 áreas:

**i. Plan de Nanotecnología:**

Dada la variabilidad histórica de las políticas a nivel nacional, una posible opción para amortiguar sus cambios es establecer un programa nacional de Nanotecnología que se inspire en los diseños que han sido detectados en otros países. El programa o iniciativa debería contemplar un conjunto de elementos de forma tal que pueda llevarse operativamente a la práctica, entre ellos, será esencial contar con: 1) una definición de prioridades, y 2) una selección de los tipos de innovación a financiar, elementos que se describen a continuación:

- 1. Prioridades:** El plan debería tener un conjunto de metas y objetivos a alcanzar en un dado período de tiempo, y que pueda evaluarse y actualizarse según los desarrollos en las distintas áreas de su injerencia. De esta forma, se estaría dando una clara señal a los actores relacionados o aquellos nuevos que se quieran involucrar en la temática, sobre la dirección a seguir en Argentina en Nanotecnología. Es decir, se definirían las prioridades en Nanotecnología, acotando los campos a financiar, ya que no hay suficientes recursos para todas las posibles áreas que puedan llegar a ser competitivas a nivel mundial. Por ende, la mejor estrategia sería focalizar las inversiones, seleccionándolas en función de la mayor probabilidad de que puedan producir un impacto positivo a nivel industrial y de generación de empleo en el país. Para la selección de las áreas, se requeriría un estudio más detallado de las posibles aplicaciones de la Nanotecnología en las cadenas de valor más desarrolladas o

nuevas más promisorias que tiene o que podría tener la Argentina. Pues si bien parecerían existir más que suficientes capacidades para la generación de conocimiento, la conexión y el desarrollo con el sector industrial, que estaría encargado de llevar y explotar los desarrollos en el mercado, no es un vínculo que esté sólidamente construido. Por ende, se necesita aplicar una metodología validada para su selección, que sin duda es un gran desafío para el caso de la Nanotecnología, pues al ser un área emergente no hay aún criterios ni formas de evaluación establecidas o estándares a seguir. A su vez, para la selección de las áreas hay que tener en cuenta que en la comunidad existen ciertas disciplinas o temáticas que han tenido mayor visibilidad, por cuestiones de influencia y poder. Estas estructuras pueden bloquear las posibles aplicaciones que se podrían desarrollar en áreas menos visibles o difundidas. Por ende, en las metodologías a utilizar, es conveniente poner en práctica aquellas de planificación participativa en las cuales todos los posibles actores involucrados son invitados a participar, y en donde se utilizan técnicas con tal de que todos los participantes tengan la misma voz y voto dentro de la comunidad, buscando sopesar la contribución de cada uno en función de los fines buscados. De esta forma se podrían limar las diferencias de poder detectadas en el proceso de selección de prioridades.

2. **Tipo de innovación:** Asimismo, en el plan se tendría que contemplar la cuestión de la elección de qué tipo de innovaciones financiar y de las especificidades entre los distintos tipos de abordaje en Nanotecnología, *Top-Down* y *Bottom-Up*. Se debería realizar una ponderación primero entre innovaciones radicales e innovaciones incrementales en los sectores de aplicación priorizados, y luego, a su vez considerar como variable el impacto que las mismas podrían tener en el tejido industrial, social y ambiental del país. De tal modo, se buscaría un balance entre aquellos proyectos de alta tecnología pero de poco impacto social y/o ambiental, con los proyectos de no tan alto nivel de desarrollo tecnológico pero de gran impacto social y/o ambiental, como lo son aquellos destinados a remediar condiciones ambientales o a solucionar problemas como el de la contaminación del agua. Por tal motivo, se tendría que dar una discusión sobre los tipos de innovaciones deseados en los cuales se focalizaría el plan.

Cabe aclarar que si bien la Nanotecnología se encuentra en el plan nacional de CTI argentino, posiblemente la existencia de un plan específico con su respectivo plan de acción operativo será más eficaz para el seguimiento e implementación de las metas propuestas, estrategia que como se mencionó en el Capítulo 4 varios países están siguiendo.

## ii. Recursos Humanos:

La formación de recursos humanos capacitados en la temática es casi una de las piedras fundamentales para el desarrollo de la Nanotecnología en Argentina, y se debería promover en los siguientes distintos niveles.

A nivel de educación secundaria, se podrían realizar campañas en escuelas secundarias y técnicas para introducir conceptos sobre la Nanotecnología temprano en las nuevas generaciones. Una opción a evaluar podría ser la de difundir las potencialidades de la Nanotecnología por Internet, como ya se ha hecho a partir de la creación de portales educativos en Brasil con Nanoaventura<sup>172</sup> o en Alemania con Nanoreise<sup>173</sup>.

A nivel de grado, la medida más inmediata a implementar es la introducción de materias optativas sobre Nanotecnología o la inclusión de la temática en los planes de varias de las carreras relacionadas, como ingenierías, química, física, biología, entre otras. Una segunda medida, aunque demoraría un poco más de tiempo, es la creación de carreras enfocadas en Nanotecnología con una orientación netamente interdisciplinar.

A nivel de posgrado, se deberían crear maestrías en Nanotecnología que permitan la cursada en distintos laboratorios en universidades y organismos de ciencia y tecnología del país. De esta forma, se alcanzaría una educación interdisciplinar y se conocerían las distintas potencialidades existentes. Es decir, estas maestrías se podrían inspirar en el modelo de los Erasmus Mundus Europeos, aunque para su implementación, primero se deberían resolver algunas cuestiones institucionales. Por supuesto, la formación de doctores en Nanotecnología se tendría que incentivar aún más, buscando en lo posible, las tesis codirigidas por investigadores formados en distintas áreas, y mejor aún si pueden ser en empresas. Ya que varios entrevistados deslizaron la hipótesis de que si han logrado transferir tecnología a empresas, el éxito de la transferencia de tecnología podría provenir de la transferencia de recursos humanos entre el sector público y privado. Es decir, que un becario se pueda formar parte en las técnicas y métodos de la investigación científica y al mismo tiempo en las necesidades particulares de un sector industrial en una empresa, lo cual podría ser una acción que estimule la realización de transferencias de tecnologías. Pues luego, los becarios son capaces de hablar los dos lenguajes, el del sector privado y el del público, aceitando la interacción entre ambas partes. Estos comentarios coinciden con la opinión expuesta por Sábato y Botana (Sábato & Botana, 1968):

---

<sup>172</sup><http://www.mc.unicamp.br/nanoaventura/> Consultada el 28-06-2011.

<sup>173</sup><http://nanoreisen.de/> Consultada el 28-06-2011.

*“Uno de los métodos más adecuados para desbrozar el camino por donde circulen las demandas recíprocas (Entre vértice sector productivo y el vértice sistema científico tecnológico), parece ser el de la movilidad ocupacional, o transferencia recíproca del personal humano de uno a otro vértice”*

En tal sentido, las becas co-financiadas del CONICET en empresas serían un buen instrumento<sup>174</sup> para promover esta transferencia de RRHH, y sería una buena iniciativa estimularlas aún más con el fin de incrementar las interconexiones de la generación de conocimientos en la nanoescala con sus posibles usos industriales. A la par, se deberían profundizar la formación de gerentes y vinculadores tecnológicos a partir de los programas iniciados por el estado, buscando incrementar la inclusión de profesores con experiencia en la transferencia entre sector público y empresas.

Por último, sería recomendable implementar políticas para el envío de estudiantes al exterior, en cooperación con otros grupos o centros, buscando que se capaciten en líneas de I+D que sean detectadas como prioritarias para desarrollar tecnologías en el país.

### **iii. Financiamiento:**

En cuanto a cuestiones específicas de financiamiento, se debería focalizar esfuerzos en fortalecer los siguientes puntos:

- **Alianzas público privadas:** Profundizar el uso de este tipo de instrumentos, alcanzando una operatividad similar a las plataformas europeas donde las agendas de investigación se definen en función de las demandas y necesidades de sectores industriales, buscando incrementar el financiamiento para proyectos con fines productivos que se entrelacen con el sistema científico y tecnológico, y que el financiamiento para la ejecución de los proyectos se realice con celeridad e interconectando la mayor parte de los actores de las cadenas de valor a financiar.
- **Escalamiento:** Ampliar la oferta de financiamiento con el fin de cubrir el principal cuello de botella que tienen los proyectos actualmente en marcha en el área de Nanotecnología, pasar de un prototipo experimental al desarrollo a escala masiva de la producción industrial. Para ello, se necesitan complementar los fondos que actualmente ofrece la ANPCyT, tal vez con una coordinación con el financiamiento ofrecido por otros ministerios y otro tipo de organismos.

---

<sup>174</sup><http://www.conicet.gov.ar/web/conicet.convocatorias.becas/empresas> Consultada el 28-06-2011.

- **Creación de mercados:** No hay señales directas para la creación de mercados que utilicen Nanotecnología en Argentina, en este sentido se podrían realizar experimentos como por ejemplo, al implementar normas que requieran el uso de sensores en base a Nanotecnología para realizar pruebas de calidad en alimentos, o de mediciones sobre la calidad o para filtrar el agua. De esta forma, generando la demanda, se crearían empresas dedicadas a prestar estos servicios que necesitarían de las N&N. Esto les permitiría adquirir capacidades y conocimientos, que si son incrementados, eventualmente sus productos o procesos podrían ser exportados a otros países.
- **Capital Privado:** En la literatura se conoce el papel clave que muchas veces juegan los inversores privados para potenciar el desarrollo de nuevos emprendimientos, aunque si bien también se sabe que en Argentina la industria de este tipo de financiamiento, Capital Emprendedor, está escasamente desarrollada. Por tales motivos, sería propicio que el estado fomente este tipo de actividades, y que además, actúe él mismo como capitalista de riesgo en las primeras etapas, financiando por medio de programas especiales la creación de nuevos emprendimientos relacionados con Nanotecnología. Una forma sería difundiendo los posibles proyectos o emprendimientos nanotecnológicos en eventos de Capital Emprendedor a lo largo y ancho del país y en otro tipo de eventos empresariales.

#### iv. **Infraestructura y Equipos:**

Este punto tendrá más o menos relevancia según qué tipo de área de la Nanotecnología se priorice, principalmente en aquellas más intensivas en equipamiento, hay esencialmente dos caminos no mutuamente excluyentes a seguir. El primero y que no se debería dejar de lado, consiste en continuar incentivando, actualizando y mejorando los laboratorios ya existentes que hay en el país en Nanotecnología. En este sentido se encuentran las iniciativas que se han tomado hasta el momento en este tema en Argentina. En cambio, el segundo camino consistiría en la creación de lo que se ha denominado en el Capítulo 4 como Centros Nacionales de Nanotecnología. A diferencia de los laboratorios actualmente existentes<sup>175</sup>, este tipo de centros

---

<sup>175</sup> Como por ejemplo el INN que es un centro virtual creado dentro del ámbito de la Gerencia de Investigaciones y Aplicaciones no Nucleares de la CNEA que aglutina a investigadores del Centro Atómico Bariloche y el Centro Atómico Constituyentes. Los entrevistados consultados sobre el INN comentaron que es una estructura transversal a los departamentos o laboratorios tradicionales de la CNEA. Si bien por el momento no tiene una estructura física, el INN actúa como red interna en la CNEA, permitiendo que se intercambien conocimientos entre sus participantes. También se mencionó que se encuentra en las fases finales de construcción un edificio de fabricación y caracterización para Nanotecnología. El mismo incluirá una sala limpia con dos laboratorios de química, y contará con modernas técnicas de caracterización de materiales. Los consultados afirman que el laboratorio va a poder ser utilizado por todos los miembros del INN y, se convertirá en un lugar de confluencia de expertos, que permitirá el intercambio de conocimientos a partir de charlas y reuniones formales e informales. Por tales motivos, la estructura del INN resulta interesante, pues busca superar las barreras disciplinares en la cuales se mueven formalmente los organismos de ciencia y tecnología. De todas formas, si bien el concepto del laboratorio sigue la idea de centro nacional de Nanotecnología, le falta aún la participación del sector privado como para que los desarrollos puedan llegar al sector productivo y no quedar solamente en la etapa de investigación. Para más información ver su sitio web <http://inn.cnea.gov.ar/> Consultada el 28-06-2011.

se crearían con el fin de brindar servicios a las empresas, PYMES, y también se compartirían los equipos con las empresas interesadas en su uso, prestando especial atención a la necesidad de resolver el problema del escalamiento de los desarrollos a nivel de prototipo experimental. Esto requeriría una estrecha alianza entre actores públicos y privados, y sin duda este segundo camino demandaría mayores inversiones y esfuerzos, pero también las recompensas serían mayores, pues permitiría crear faros de atracción que podría incrementar las capacidades de las empresas en el país. Por supuesto, el uso compartido de equipos e instrumentos no se debería restringir a estos nuevos centros, sino que a su vez el Estado podría proveer incentivos que faciliten este uso compartido con los actuales centros públicos y universidades que se dedican a la I+D en Nanotecnología, creando una red tal como existe en Japón y en otros países.

Otro punto importante a tener en cuenta en la adquisición o instalación de nuevos equipos, es la necesidad de considerar todos los factores necesarios para su uso. En primer lugar, contar con la infraestructura necesaria que mejor se adecue para el uso correcto de los mismos. En segundo lugar, capacitar el personal que estará encargado del manejo de los instrumentos y el equipo. En tercer lugar, considerar la implementación de estrategias de compras colectivas de las distintas partes o componentes de los equipos que son más proclives a romperse, y que si no son adquiridas con celeridad, pueden dejar a costosos equipos fuera de operación durante meses.

Por último, cabe enfatizar que la compra de equipos de alto valor sólo debería realizarse bajo la condición de que su uso pueda, de manera comprobable, reportarle beneficios a la sociedad argentina que, al fin de cuentas, es la que financiaría su adquisición.

v. **Difusión:**

Otro tema crucial para un desarrollo rápido de las aplicaciones de la Nanotecnología es la difusión masiva de sus potencialidades en el sector industrial. Como se destacó en el análisis del caso argentino, muchas veces el problema radica en lograr cruzar quien tiene el problema y quien tiene una posible solución al mismo, utilizando Nanotecnología. Una forma de resolver este problema sería incrementando la cantidad de charlas, conferencias, talleres de trabajo, en los cuáles se junten a expertos científicos y tecnólogos junto con empresarios de distintos sectores. Por ejemplo, científicos y tecnólogos podrían realizar presentaciones periódicas en distintas cámaras empresariales, en donde se discutiría sobre los problemas del sector industrial en cuestión, y se buscaría llegar a posibles soluciones a partir del uso de la Nanotecnología. No obstante, la puesta en práctica de esta acción requeriría algún organismo que periódicamente coordine las actividades.

Otra forma de difundir las potencialidades de estas nuevas tecnologías es a través de la transmisión de casos de éxito para incentivar la innovación en empresas a partir de Nanotecnología. Como se mencionó en el Capítulo 5, los entrevistados tuvieron dificultad en encontrarlos, y apenas se llegó a mencionar un par de ellos. Por ende, mostrando con más énfasis que sí es posible desarrollar una empresa utilizando Nanotecnología en Argentina, se puede estimular más casos. Esto se podría lograr a través de la presentación de las experiencias exitosas en congresos, charlas, ferias, etc., destinada a distintos tipos de público, mostrando que sí es factible realizar negocios gracias a las N&N, tal como busca promover Sudáfrica explícitamente en su plan de Nanotecnología.

**vi. Fundación Argentina de Nanotecnología:**

La idea de creación de la FAN fue acertada para promover un área emergente y buscar financiar proyectos con celeridad, y esto está a tono con la estrategia seguida en otros países, como Finlandia o Rusia, donde este tipo de organismos se encargan específicamente de financiar y promover la Nanotecnología. Por diversos motivos mencionados en el trabajo, esta función ha quedado relegada de la FAN y ha pasado a los FONARSEC, que no se especializa en Nanotecnología. Por ende, aquí sería conveniente evaluar y considerar un rediseño de la estructura institucional a fin de contar con la FAN u otra específicamente dedicada a la temática como una institución referente que pueda financiar proyectos específicos en el área, ya que se requiere de una formación muy particular para lidiar con las diversas dimensiones de la Nanotecnología que se deberían desarrollar en un organismo dedicado al tema, como la FAN. Al mismo tiempo, dada su visibilidad en la comunidad, este organismo podría ser estar encargado de implementar el plan propuesto en el primer punto y actividades de varios de los puntos de este listado de sugerencias.

**vii. Interdisciplinariedad y Trabajo en red:**

A lo largo del trabajo y del análisis del caso Argentino se ha remarcado una y otra vez la característica interdisciplinar en Nanotecnología. Si bien esto es una tendencia creciente en toda la ciencia, varios destacaron que esta tendencia es aún mayor en Nanotecnología. Por tal motivo, siguiendo las recomendaciones que se encuentran ya muy difundidas por distintos organismos, como la OECD o RICyT, es indispensable seguir fomentando el trabajo en red. Para ello, en primer lugar sería necesario evaluar y revisar el diseño de las redes que ya han sido implementadas en el país, como los programas PAE y PAV. Los entrevistados destacaron que los resultados no fueron de los mejores pues no se utilizó en toda su magnitud el concepto de red. Por ende, se debería contemplar los resultados de dichas experiencias, y en base al aprendizaje, diseñar nuevas redes,

integradoras, que permitan la difusión del conocimiento, acercando actores, permitiendo la capacitación de recursos humanos y el uso compartido de equipos e instrumentos. Se podría explorar la posibilidad de crear nuevas redes, contemplando la diversidad de áreas que hay en Nanotecnología con sus distintos grados de desarrollo. De esta forma, se podría incrementar los lazos dentro de la comunidad y con actores de otros países, incentivando el flujo de información, e incluir a actores del sector privado, ya que de esta forma se aumentarían las chances de que las investigaciones y desarrollos puedan terminar en aplicaciones comerciales. Estas redes deberían ser tanto del tipo virtual, y en tal caso se relacionaría con el punto sobre Sistema de Información, pero a la vez presenciales, ya sea para reuniones periódicas, o para alguna clase de convocatoria para la obtención de financiamiento.

**viii. Cooperación internacional:**

La carrera del desarrollo y la competitividad en base a Nanotecnología es mundial, por lo tanto es imprescindible contar con buenos lazos con otros países que sean líderes en las distintas áreas de interés a definir dentro de la Nanotecnología. Se podría buscar la firma de acuerdos de cooperación de forma tal de realizar un proceso de aprendizaje sobre conocimientos trasladable y adaptables a la realidad nacional.

A su vez, los movimientos a nivel internacional muestran que se están desarrollando alianzas entre países, para complementarse y competir con otros en la carrera nanotecnológica. En este sentido, sería bueno considerar una profundización de los lazos de cooperación existentes con Brasil. La CABNN actualmente se enfoca principalmente en Nanociencias, pero se podría fomentar con más énfasis el desarrollo de aplicaciones prácticas, y de asociaciones público privadas con el país vecino. Esta iniciativa podría extenderse con la creación de un foro o de una red a nivel latinoamericano en donde se discutan y establezcan las líneas prioritarias en el área, como el foro asiático de Nanotecnología, juntando a representantes de las instituciones y actores líderes en cada uno de los países<sup>176</sup>. Y también, se podrían implementar nuevos centros virtuales con otros países a nivel mundial que tengan líneas prioritarias de investigación en Nanotecnología complementarias a las de Argentina.

Otra opción es el desarrollo de proyectos en conjunto de asociaciones público- privadas de países de América latina que se embarquen en temas de interés para los países participantes, como desarrollos de vacunas para enfermedades regionales, o en

---

<sup>176</sup><http://www.scidev.net/en/news/developing-world-needs-nanotech-network.html> Consultada el 28-06-2011.

técnicas para el tratamiento del agua. Los mismos podrían estar bajo el marco de una plataforma tecnológica en Nanotecnología al estilo de la plataforma sobre Biotecnología del Mercosur.

**ix. Sistema de Información de Nanotecnología:**

Es evidente la falta de un buen Sistema de Información en Nanotecnología en Argentina. No hay listados de empresas ni de investigadores actualizados y disponibles para que pueda ser accesible por alguien interesado en la temática, tanto para consultas académicas como de interés empresarial. Por tal motivo, y teniendo en cuenta la rápida evolución del campo a nivel mundial, sería indispensable que la comunidad nacional contara con un buen portal que brinde información sobre actividades de vigilancia e inteligencia competitiva, incluyendo en él estudios de mercado a nivel internacional, evoluciones científicas y tecnológicas, con el fin de ofrecer información a la comunidad sobre posibles lugares en donde se podrían vender productos nanotecnológicos fabricados a nivel nacional como de las evoluciones científicas y tecnológicas que están ocurriendo en el área. Esta última característica permitiría identificar, y posibilitaría un contacto, con los principales expertos capaces de resolver problemas específicos que tengan actores del SNA, como también organizar intercambios científicos a fin de explorar líneas de I+D de interés para el país.

**x. Propiedad industrial, Legislación, Estándares y Regulaciones:**

En cuanto a la propiedad industrial, sin duda hay trabajo que realizar para mejorar la interconexión, y las estrategias de patentamiento, evitando que se llegue sólo a proteger el conocimiento, y fomentando, con mayor énfasis el último eslabón, que es su transferencia a la producción industrial. Esto es algo que se debería fortalecer en las universidades y organismos de ciencia y tecnología del país. Y por supuesto, tendría que pensarse al mismo tiempo en la formación de más especialistas en propiedad industrial y transferencia de tecnología, con una formación específica en Nanotecnología, que ya está presentando nuevos retos a nivel legal a los profesionales dedicados a esta temática.

En cuanto a legislación laboral en Nanotecnología, los entrevistados del sector industrial destacaron que existen serios vacíos. El caso paradigmático es la inexistencia de leyes que contemplen el manejo de nanomateriales en los lugares de trabajo por parte de las ART. Esto impediría la contratación de personal para la manipulación de este tipo de materiales. Por otro lado,

tampoco existe en los códigos aduaneros una forma de identificar a los productos de exportación en base a Nanotecnología, como consecuencia se clasifican de manera incorrecta, repercutiendo en las exportaciones de las empresa. En ambos casos se necesitarían modificaciones específicas que contemplen las particularidades de la Nanotecnología. Por supuesto, esto demandaría de profesionales de la ley que incursionen en esta nueva temática.

Con respecto a las regulaciones, ya sea en el área de salud humana o de alimentos, Argentina tiene que seguir de cerca los desarrollos a nivel mundial, con tal de aplicar las más avanzadas clasificaciones y regulaciones toxicológicas de los distintos nanomateriales, y de prevenir experiencias negativas sobre el uso de la tecnología que limiten su posterior desarrollo.

En cuanto a los estándares, países como Corea del Sur han introducido certificados que acreditan la calidad de los productos en base o que utilizan en algunos de sus componentes Nanotecnología. Argentina podría explorar esta opción para transmitir seguridad e información a los consumidores sobre los productos que empleen esta nueva tecnología en el país.

**xi. Ética y Percepción Pública:**

En cuanto a los aspectos éticos sobre la I+D en Nanotecnología, si bien la Argentina ya se encuentra trabajando en el tema, se podría incrementar la visibilidad y la importancia de la temática a partir de la realización de talleres y congresos que sitúen en la agenda la relevancia del tema, y que así se evite la repetición de errores del pasado, relacionados con la elección de los temas de investigación, de sus fuentes de financiamiento, entre otros.

Además, y en relación con la generación de futuros mercados, también habría que incrementar la difusión de los beneficios de la Nanotecnología en la sociedad y evitar percepciones públicas negativas con respecto a sus potenciales aplicaciones. Del mismo modo, esto se podría lograr al difundir los avances y las formas en la que la Nanotecnología impactará en la vida de un ciudadano, por ejemplo por intermedio de campañas de difusión el uso de medios de comunicación masivos, como televisión, radio e Internet, que permitan aumentar la llegada de este tipo de información a la población.

**xii. Sistema de incentivos:**

Por último, si bien son varios los factores más generales del Sistema de Innovación de Argentina a promover a fin de que no conspiran en contra del deseado desarrollo tecnológico en el área de la Nanotecnología, el sistema de incentivos ocupa un lugar central dentro de los factores identificados a lo largo del trabajo de campo. Específicamente, sería recomendable crear una carrera de tecnólogo en las distintas instituciones de CyT de país, o crear algún organismo a nivel nacional que fomente e

institucionalice dicha actividad. De esta forma, se les daría más sustento a los investigadores que están más inclinados al desarrollo de tecnología, y que quieren ser evaluados por otros parámetros, de forma tal de no quedar restringidos por las evaluaciones realizadas en función de las publicaciones científicas que orientan el tipo de I+D a áreas con menores conexiones con los sectores industriales.

## **Bibliografía:**

AGN. (2009). *Informe de Auditoría: Fundación Argentina de Nanotecnología*. Disponible en [http://www.agn.gov.ar/informes/informesPDF2010/2010\\_032.pdf](http://www.agn.gov.ar/informes/informesPDF2010/2010_032.pdf)

Albornoz, M., Luchilo, L., Arber, G., Barrere, R., Raffo, J. (2002), *El talento que se pierde. Aproximación al estudio de la emigración de profesionales, investigadores y tecnólogos argentinos*. Centro Redes. Documento de trabajo N° 4. Consultado el 02-01-2011 y disponible en <http://www3.centroredes.org.ar/files/documentos/Doc.Nro4.pdf>

Andrini, L., & Figueroa, S. (2007). *El impulso gubernamental a las Nanociencias y Nanotecnologías en Argentina*. Disponible en <http://estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/Argentina.pdf>

AON. (2008). *National Nanotechnology Strategy Annual Report 2007-2008*. Disponible en <http://www.innovation.gov.au/Industry/Nanotechnology/Documents/FINAL%20PDF.pdf>

Appelbaum, R. P., & Parker, R. A. (2008). China's bid to become a global nanotech leader: advancing nanotechnology through state-led programs and international collaborations. *Science and public policy* 35 , 319-334.

Arnold W., (1995). The SIA lithography roadmap, *Microlithography world*, Winter, 7-11.

Asia Pacific Nanotech Weekly. (2003). Disponible en Nanotechnology Strategy in Korea - an ambitious and dynamic country in nanospace: <http://www.nanoworld.jp/apnw/articles/library/pdf/27.pdf>

Bennett, M. (2004). Does existing law fail to address nanotechnosciences? *IEEE Technology and society magazine*.

Binnig G.K., Quate C.F., Gerber C., (1986). Atomic force microscope, *Physical review letters* 56, 930-933.

Binnig G.K., Rohrer H., (1982). Scanning tunneling microscopy, *Helvetica Physica Acta* 55, 726-735.

BMBF. (2007). *Nano-Initiative-Action Plan 2010*. Disponible en [http://www.bmbf.de/pub/nano\\_initiative\\_action\\_plan\\_2010.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_action_plan_2010.pdf)

BMBF. (2004). *Nanotechnology conquers markets*. Disponible en [http://www.bmbf.de/pub/nanotechnology\\_conquers\\_markets.pdf](http://www.bmbf.de/pub/nanotechnology_conquers_markets.pdf)

Bowman, D., & Hodge, G. (2007). A small matter of regulation: an international review of nanotechnology regulation. *The Columbia science and technology law review* .

Bozeman, B., Hardin, J., & Link, A. (2008). Barriers to the diffusion of nanotechnology. *Econ. Innov. New Techn* , Vol 17, 759-761.

Bresnahan, T., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth'? *Journal of econometrics* , 83-108.

Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmen, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research policy* , 233-245.

Científica. (2003). *The nanotechnology opportunity report - Edition 2*. Las Rosas.

COM. (2004). *Comunicación de la Comisión: Hacia una estrategia europea para las Nanotecnologías*.

COM. (2005). *Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009*. Brussels.

- Court et al (2003), *Will Prince Charles et al diminish the opportunities of developing countries in nanotechnology?*. Disponible en <http://nanotechweb.org/cws/article/indepth/18909>. Accedido el 25 - 02 - 2011.
- Dagnino, R., & Thomas, H. (2000). Elementos para una renovación explicativa-normativa de las políticas de innovación latinoamericanas. *Espacios* .
- Darby M.R., Zucker L.G., (2002). Growing by leaps and inches: creative destruction, real cost reduction, and inching up, National Bureau of Economic Research, Working paper N° 8947.
- Darby M.R., Zucker L.G., (2003). Grilichesian breakthroughs: inventions of methods of inventing and firm entry in nanotechnology, National Bureau of Economic Research, Working paper N° 9825.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories : A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. *Research Policy* , 147-162.
- Drexler, E. (1986). *Engines of Creation: The coming era of nanotechnology*.
- Edquist, C. (2001). The systems of innovation approach and innovation policy: an account of the state of the art. Disponible en <http://folk.uio.no/ivai/ESST/Outline%20V05/edquist02.pdf>
- Emiliozzi, S., Lemarchand, G. A., & Gordon, A. (n.d.). *Inventario de instrumentos y modelos de políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*. Disponible en REDES-BID, working paper 9: Disponible en <http://docs.politicasci.net/documents/Doc%2009%20-%20inventario.zip>
- ETC Group. (2010). *The big downturn? Nanogeopolitics*. Disponible en [http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf\\_file/nano\\_big4web.pdf](http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file/nano_big4web.pdf)
- Etzkowitz, H., Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, Volume 29, Issue 2, p 1099-123.
- European Commission. (2005). *Some figures about nanotechnology R&D in Europe and beyond*. Disponible en [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano\\_funding\\_data\\_08122005.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nano_funding_data_08122005.pdf)
- Foladori, G., & Zayago, E. (2007). *México se incorpora a la nueva revolución industrial de las Nanotecnologías*. Disponible en <http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/Tracking-nano-in-MEXesp.pdf>
- Freeman, C. (1987). *Technology policy and economic performance: Lessons from Japan*, London, Frances Pinter.
- Freeman C., Perez C., (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour, in Dosi et al., “Technical change and economic theory” , pp 38-66.
- Freeman, C. (1995). The national system of innovation in historical perspective. *Cambridge journal of economics* , 5-24.
- Freitas R.A. (2005), “What is nanomedicine?”, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine* 1, 2-9.
- Griliches Z, (1957). Hybrid corn: an exploration in the economics of technological change, *Econometrica* 25, 501-522.
- Griliches, Z. (1990). Patent statistics as economic indicators: a survey. *National Bureau of Economic Research working papers series, Working paper N° 3301*.
- Haberle W., Horber J.K.H., Binnig G.K., (1991). Force microscopy on living cells, *Journal of vacuum science & technology* B 9, 1210-1213.

- Hekkert, M., Suurs, R., Negro, S., Kuhlmann, S., & Smits, R. (2007). Functions of innovation systems: a new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change* , 413-432.
- Helpman E., (1998). General purpose technologies and economic growth, MIT Press.
- Helpman E., Trajtenberg M, (1996). Diffusion of general purpose technologies, NBER working paper series N° 5773.
- HM Government. (2010). *UK Nanotechnologies strategy – Small technologies, great opportunities*. Disponible en <http://interactive.bis.gov.uk/nano/>.
- Jacobsohn, G., & Carullo, J. C. (n.d.). *Capital de riesgo en Argentina: Diagnóstico, necesidades y políticas*. Disponible en <http://aplicaciones.icesi.edu.co/ciela/anteriores/Papers/emcr/1.pdf>
- Johnston, P., Santillo, D., Hepburn, J., & Parr, D. (2007). *Nanotechnology: Policy & Position paper*. Disponible en <http://www.greenpeace.org/raw/content/denmark/press/rapporter-og-dokumenter/nanotechnology-policy-positi.pdf>
- Jovanovic B, Rousseau P.L., (2003). General purpose technologies, Handbook of Economic Growth.
- Kababe, Y. (2010). Las unidades de vinculación tecnológica y la articulación entre el sector científico tecnológico y el sector empresario. *SaberEs* .
- Kautt, M., Walsh, S., & Bittner, K. (2007). Global distribution of micro-nano technology and fabrication centers: A portfolio analysis approach. *Technological forecasting and social change* , 1697-1717.
- Kostoff, R.N., Koytcheff, R.G., Lau, C.G.I. , (2008), Structure of the nanoscience and nanotechnology applications literature, *Journal of Technology Transfer* 33, 472-484.
- Lowe C.R. (2000), Nanobiotechnology: the fabrication and applications of chemical and biological nanostructures, *Current opinion in structural biology* 10, 428-434.
- Lugones, G., Peirano, F., & Gutti, P. (2005). *Potencialidades y limitaciones de los procesos de innovación en Argentina*. Disponible en [http://www.centroredes.org.ar/documentos/documentos\\_trabajo/files/Doc.Nro26.pdf](http://www.centroredes.org.ar/documentos/documentos_trabajo/files/Doc.Nro26.pdf)
- Lundvall, B. A., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research policy* , 213-231.
- Lux Research. (2006). *The nanotech report 4th edition – Key Findings*. Disponible en [http://luxresearchinc.com/pdf/TNR4\\_TOC.pdf](http://luxresearchinc.com/pdf/TNR4_TOC.pdf).
- Malerba, F., & Orsenigo, L. (1997). Technological regimes and sectorial patterns of innovative activities. *Industrial and Corporate Change* , 83-118.
- Marchant, G., & Sylvester, D. (2006). Transnational models for regulation of nanotechnology. *Journal of law, medicine & ethics*.
- Martins, P. R. (2006). *Nanotecnologia sociedade e meio ambiente*. Sao Paulo: Xama.
- Maynard, A. D. (2007). Nanotechnology: the next big thing or much ado about nothing? *Annals Occupational Hygiene* , 1-12.
- Meyer, M. (2000). Hurdles on the way to growth. Commercializing novel technologies. The case of nanotechnology. *Helsinki University of Technology - Institute of Strategy and International Business - Working paper Series 2001*.

- Meyer, M. (2007). What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency. *Scientometrics*, Meyer M., (2007), "What do we know about innVol70, N3 779-810.
- MINCyT. (2009). *BET - Nanotecnología*. Disponible en [http://www.mincyt.gov.ar/admin/multimedia/archivo/archivos/BET\\_Nanotecnologia.pdf](http://www.mincyt.gov.ar/admin/multimedia/archivo/archivos/BET_Nanotecnologia.pdf)
- MINCyT. (2010). *Indicadores de Ciencia y Tecnología 2008*. Disponible en [http://www.mincyt.gov.ar/admin/multimedia/archivo/archivos/Indicadores\\_WEB4mb.pdf](http://www.mincyt.gov.ar/admin/multimedia/archivo/archivos/Indicadores_WEB4mb.pdf)
- Mitcham, C. (2005). *Encyclopedia of Science, Technology and Ethics*. Thomson Gale.
- Moore, G. (1965). Cramming More Components onto Integrated Circuits. *Electronics Magazine* (Vol. 38, n. 8).
- Negro, S., Hekkert, M.P., Smits, R.E., (2007). Explaining the failure of the Dutch innovation system for biomass digestion—A functional analysis. *Energy policy*, Volume 35, Issue 2, p 925-938.
- Nelson, R.N., Nelson K., (2002). Technology, institutions and innovation systems. *Research Policy*, Volume 31, issue 2, p 265-272.
- OECD. (2009). *Science, Technology and Industry Scoreboard*.
- Okubo, Y. (1997). *Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and examples*. Paris: STI Working Paper - Organisation for Economic Co-Operation and Development (OCDE).
- OECD, (2009). Patents statistics manual. Consultado el 14-02-2011 y disponible en [http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-patent-statistics-manual\\_9789264056442-en](http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/oecd-patent-statistics-manual_9789264056442-en)
- Ottília Saxl (2005), Nanotechnology – A key technology for the future of Europe, Disponible en [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/kte\\_nano\\_tech.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/kte_nano_tech.pdf).
- Palmberg, C., Demis, H., & Miguet, C. (2009). *Nanotechnology: and overview based on indicators and statistics*. OECD STI working paper.
- Pérez, C. (2001). Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. *Revista de la Cepal*, 115-136.
- Phantoms Foundation. (2008). *Nanociencia y Nanotecnología en España*. Disponible en <http://www.phantomsnet.net/Resources/NNE.php>
- Porter, A., Youtie, J., Shapira, P., & Shoeneck, D. (2008). Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10, 715-728.
- Porter A., Youtie J., (2009a). Where does nanotechnology belong in the map of science?, *Nature nanotechnology* Vol. 4.
- Porter A., Youtie J., (2009b). How interdisciplinary is nanotechnology?, *Journal of Nanoparticle Research* 11, 1023-1041.
- Prat, A.M., (2009). Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de producto de las actividades de ciencia y tecnología. Disponible en <http://docs.politicasceti.net/documents/Doc%2007%20-%20capacitacion%20prat.pdf>
- Rashba, E., & Gamota, D. (2003). Anticipatory standards and the commercialization of nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 5: 401,407.
- RICyT. (2006). *Redes de conocimiento: construcción, dinámica y gestión*.
- RICyT. (2008). "La Nanotecnología en Iberoamérica, situación actual y tendencias". In *"El estado de la ciencia 2008"*.

- RICyT. (2009). *El estado de la ciencia - Principales indicadores de ciencia y tecnología iberoamericanos*. Disponible en <http://www.ricyt.org/>
- Robinson, D., Rip, A., & Mangematin, V. (2007). Technological agglomeration and the emergence of clusters and networks in nanotechnology. *Research policy* , 871-879.
- Roco, M., & Bainbridge, W. (2007). *Nanotechnology: Societal implications*. Holand: Springer.
- Romig, A. D., Baker, A. B., Johannes, J., Zipperian, T., Eijkel, K., Kirchhoff, B., *et al.* (2007). An introduction to nanotechnology policy: opportunities and constraints for emerging and established economies. *Technological forecasting and social change* , 1634-1642.
- Sábato, J. & Botana, N. (1968). La Ciencia y la Tecnología en el Desarrollo Futuro de America Latina. Artículo presentado en *The World Order Models Conference*, Bellagio, Italia, 25-30 Septiembre.
- Sagasti, F., & Araoz, A. (1974). *Methodological guidelines for the STPI Project*. Disponible en [http://www.franciscosagasti.com/publicaciones/publicaciones\\_02/4%20Methodological%20guidelines%20for%20the%20STPI%20project%20FS1976.pdf](http://www.franciscosagasti.com/publicaciones/publicaciones_02/4%20Methodological%20guidelines%20for%20the%20STPI%20project%20FS1976.pdf)
- Salamanca-Buentello F, Persad DL, Court EB, Martin DK, Daar AS, et al., (2005), Nanotechnology and the developing world, *PLoS Med* 2(5): e97.
- Salerno, M., Landoni, P., & Verganti, R. (2008). Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments. *Technological forecasting and social change* , 1202-1223.
- San Martín, G. (2010). *Relevamiento de la interacción entre laboratorios y empresas en micro y Nanotecnología*.
- Sarma, S.D., & Chaudhury, S. (2009). Socio-Economic Implications of Nanotechnology Applications: A Case of Copper and Copper Dependent Countries. *Nanotechnology Law & Business*, 278.
- SECyT. (2006). *Plan estratégico nacional de ciencia, tecnología e innovación "Bicentenario" (2006-2010)*.
- Shapira, P., & Wang, J. (2009). From lab to market? Strategies and issues in the commercialization of nanotechnology in China. *Asian Business & Management* , Volume 8, N 4, pp. 461-489.
- Shea CM, (2005), Future management research directions in nanotechnology: A case study, *J. Eng. Technology Management* 22, 185-200.
- Soler Illia, G. (2009). *Nanotecnología: El desafío del siglo XXI*. Buenos Aires: Eudeba.
- Su, H. N., Lee, P. C., & Tsai, M. H. (2007). Current situation and industrialization of Taiwan nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research* , Volumen 9, 965-975.
- Suurs, R., Hekkert, M., Kieboom, S., & Smits, R. (2010). Understanding the formative stage of technological innovation system development: the case of natural gas as an automotive fuel. *Energy policy* , 419-431.
- Swierstra, T., & Rip, A. (2007). Nano-ethics as NEST-ethics: Patterns of Moral Argumentation About New and Emerging Science and Technology. *Nanoethics*.
- Taniguchi N. (1974), *On the Basic Concept of 'Nano-Technology*, Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo, Part II, Japan Society of Precision Engineering.

The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, (2004), *Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties*. Disponible en <http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf>.

Wang, J., & Shapira, P. (2009). Partnering with universities: a good choice for nanotechnology start-up firms?. *Small Business Economics*, Springer, Netherlands.

Wonglimpiyarat J., (2005), The nano-revolution of Schumpeter's Kondratieff cycle, *Technovation* 25, 1349-1354.

Wu, M. K., & Yang, J. C. (2004). El programa nacional de Nanotecnología en Taiwán. *Journal of Materials Education* , Vol. 26, 165-170.

Yin, R. K. (2003). *Case study research: design and methods*. London: Sage publications.

Yoguel, G., Borello, J., & Erbes, A. (2006). *Sistemas Locales de Innovación y Sistemas Productivos Locales*. Disponible en <http://www.littec.ungs.edu.ar/pdfespa%F1ol/DT%2004-2006%20Yoguel-Borello-Erbes.pdf>

Youtie J., Iacopetta M., Graham S., (2007). Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology?, *Journal of Technology Transfer*.

Zucker, L. G., Darby, M. R., & Brewer, M. B. (1988). Intellectual human capital and the birth of US biotechnology enterprises. *The american economic review* , 290-306.

Zucker L.G., Darby M.R., (2001). Commercializing knowledge: university science, knowledge capture, and firm performance in biotechnology, National Bureau of Economic Research, Working Paper N° 8499.

## **Anexo I: Guía de entrevistas**

A continuación se muestra las guías de preguntas utilizadas para las entrevistas con los empresarios y con investigadores y tecnólogos del Sistema Nanotecnológico Argentino:

### **Preguntas realizadas a Empresarios:**

#### **La empresa, sus productos y procesos:**

1. ¿Cuándo y por qué decidió la empresa trabajar con nanotecnología?
2. ¿Cuáles son los productos, procesos o proyectos que utilizan/utilizarán nanotecnología?
3. ¿Los productos y/o servicios se basan/arán en I+D/tecnología propia? ¿o fue/será adquirida de un laboratorio, empresa o centro de investigación nacional y/o del exterior?
4. ¿De qué forma protege o protegería legalmente sus productos/procesos en base a nanotecnología?

#### **Instrumentos:**

5. Es reconocido el rol central de los instrumentos, como los microscopios electrónicos, para gran parte de los desarrollos en Nanotecnología ¿Cuáles son los instrumentos o equipos esenciales para la nanotecnología en su empresa? ¿De qué forma ha adquirido o comparte los instrumentos necesarios para sus productos o procesos?

#### **Comercialización:**

6. ¿Cuáles son los principales obstáculos con los que se han encontrado para llevar adelante las iniciativas en nanotecnología de la empresa y comercializar los productos en el mercado? (Considerar: marketing, estudios de mercado, precios, canales de distribución, entre otros)

#### **Recursos Humanos:**

7. Con respecto a los Recursos Humanos. ¿Qué opina de la capacitación de los mismos en nanotecnología en el país? ¿Su capacitación es adecuada a las demandas existentes en el sector privado?
8. ¿Cómo se han capacitado los especialistas de la empresa? (Recibieron una capacitación especial en nanotecnología o desarrollaron un Phd. en el área)
9. Es sabido que se requiere de distintos enfoques y especialidades para dominar un campo de la nanotecnología. Por ende, ¿De qué manera se aborda el trabajo en nanotecnología en la empresa? (¿Cómo se organizan? ¿Cómo lidian con los distintos saberes necesarios?)

#### **Cooperación:**

10. ¿Ha trabajado o aún trabaja en conjunto con centros, laboratorios o grupos de investigación del país? ¿Cómo ha sido su experiencia en cuanto a los beneficios para la empresa? ¿Y con grupos de otros países?
11. ¿Ha trabajado o aún trabaja con empresas del país? ¿Cómo ha sido su experiencia en cuanto a los beneficios para la empresa? ¿Y con empresas de otros países?

#### **Estándares, normas y regulaciones:**

12. ¿Cómo estima que pueden afectar las posibles futuras regulaciones internacionales y nacionales a su actividad? ¿Y los estándares/normas que aseguren la calidad de los productos/procesos?

### **Financiación:**

13. ¿Cuál es su opinión de las posibilidades de financiamiento gubernamentales existentes hasta el momento para nanotecnología (redes del FONCyT, FONTAR, FONARSEC, FAN, otros)?
14. ¿Y con respecto a otras fuentes? (Capital emprendedor, inversores ángeles, otros).

### **Políticas:**

15. ¿Qué políticas de otros países ha visto, leído, etc., le parecen interesantes para estudiar e intentar de adaptar al contexto local con el fin de promover la comercialización de productos nanotecnológicos?
16. ¿Qué otras recomendaciones de política o iniciativas usted recomendaría, o cree que son necesarias en el país para fomentar la comercialización de productos nanotecnológicos?

### **Otras:**

17. En su opinión ¿Se ajustan las investigaciones realizadas en el sector público a las demandas del sector privado? ¿Qué sugerencias realizaría al respecto?
18. En su opinión ¿En qué áreas y/o segmentos industriales del país impactarán más las posibles aplicaciones de la nanotecnología? Y ¿Cuáles?
19. Por último ¿Qué otros factores de contexto más nacional considera que desafían el desarrollo del SNA?

### **Preguntas realizadas a Investigadores y Tecnólogos:**

#### **Líneas de I+D:**

1. ¿Cuál es su opinión sobre los desarrollos de la nanociencia y nanotecnología a nivel mundial? ¿Hay un exceso de expectativas?
2. ¿Cuáles son las áreas más promisorias en I+D en la Argentina?
3. ¿En qué áreas y/o segmentos industriales del país impactarán más las posibles aplicaciones de la nanotecnología? ¿Cuáles? (Considerar líneas de I+D del punto previo)
4. ¿Qué barreras existen para continuar mejorando los proyectos de I+D en nanotecnología existentes en el país?

#### **Infraestructura:**

5. Es reconocido el rol central de los instrumentos, como los microscopios electrónicos, para gran parte de los desarrollos en Nanociencias y Nanotecnología. En su opinión, ¿Se cuenta con equipamientos necesarios para los proyectos de I+D en los laboratorios del país? ¿De qué forma se han adquirido los mismos? ¿Que obstáculos se presentaron?
6. ¿Son los laboratorios existentes adecuados, en cuanto a su diseño e infraestructura, para lidiar con los proyectos de investigación en nanociencias y nanotecnologías? ¿Qué es necesario mejorar?

#### **Recursos Humanos:**

7. Con respecto a los recursos humanos ¿Qué opina de la capacitación existente en el país en nanotecnología? ¿Es adecuada? ¿Por qué?

8. Es sabido que las nanociencias y nanotecnologías aglomeran saberes de distintas áreas disciplinares. Desde su punto de vista, ¿Se fomenta un intercambio fructífero entre las ramas del saber que componen las nanociencias y nanotecnologías en Argentina? ¿De qué forma se podría estimular la interacción?

**Cooperación:**

9. ¿Ha trabajado en conjunto con grupos de investigación del país en proyectos de nanotecnología? ¿Cuáles han sido los beneficios y dificultades en dicha cooperación? ¿Y con grupos de investigación del exterior país?
10. ¿Qué tan importante le parecen las redes de cooperación en proyectos de I+D en nanociencias y nanotecnologías a nivel nacional e internacional? ¿Por qué?
11. ¿Ha trabajado o aún trabaja en conjunto en proyectos con empresas del país? ¿Cómo ha sido su experiencia en cuanto a los beneficios para el grupo y la empresa? ¿Y con empresas de otros países?

**Comercialización y Emprendedorismo:**

12. ¿Ha intentado o conoce de casos de investigadores que han intentado comercializar sus investigaciones? ¿Cómo ha sido la experiencia? ¿Podría describir los factores de éxito y/o fracaso de la iniciativa?
13. ¿Ha patentando o conoce casos de especialistas argentinos que hayan patentado sus inventos en nanotecnología? ¿Qué dificultades hubo? ¿Hubo licenciamientos de los derechos?
14. ¿Dejaría el sistema científico y tecnológico para crear una empresa de nanotecnología? ¿Por qué?

**Estándares, normas y regulaciones:**

15. ¿Cómo estima que pueden afectar las posibles futuras regulaciones internacionales y nacionales a las investigaciones en curso? ¿Y los estándares/normas?

**Financiación:**

16. ¿Cuál es su opinión de las posibilidades de financiamiento gubernamentales existentes hasta el momento para nanotecnología (redes del FONCyT, FONTAR, FONARSEC, FAN, otros)? ¿Y con respecto a otras fuentes? (Capital emprendedor, inversores ángeles, otros).

**Políticas:**

17. ¿Qué políticas de otros países ha visto, leído, etc., le parecen interesantes para estudiar e intentar de adaptar al contexto local con el fin de promover la comercialización de productos en base a nanotecnología?
18. En su opinión ¿Qué otras recomendaciones de política, iniciativas o medidas usted recomendaría, o cree que son necesarias en el país para fomentar la comercialización de productos en base a nanotecnología?

**Otras:**

19. Por último ¿Qué otros factores de contexto más nacional considera que desafían el desarrollo del SNA?