

REPÚBLICA ARGENTINA

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ACTIVIDAD REGULATORIA ENERGÉTICA - CEARE

MAESTRÍA INTERDISCIPLINARIA EN REGULACIÓN ENERGÉTICA



**Empresas de base tecnológica y nanotecnología: construyendo un marco normativo y de incentivos para la innovación productiva en la explotación de hidrocarburos no convencionales en nuestro país.**

**Trabajo presentado como requisito para optar al grado de Magíster en Regulación Energética.**

**Autor: Dr. Gonzalo Andrés Roca Schwartz**

**Director: Dr. Andrés Nápoli**

**Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina, Julio de 2018**

<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
<b>1. ABREVIACIONES</b>	3
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	4
<b>3. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO</b>	6
<b>3.1. MARCO CONCEPTUAL</b>	6
<b>3.2. LA NANOTECNOLOGÍA EN EL MUNDO. ALCANCES, EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS</b>	8
<b>4. EL ESCENARIO REGULATORIO INTERNACIONAL DE LAS N + N.</b>	12
<b>4.1. LA REGULACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EUROPA</b>	13
<b>4.2. ESTADOS UNIDOS: GRANDES INVERSIONES, POCAS REGULACIÓN</b>	15
<b>4.3. UNA ALTERNATIVA DE REGULACIÓN PARA LA NANOTECNOLOGÍA: CÓDIGOS PRIVADOS</b>	17
<b>4.4. NORMAS ISO: LA GLOBALIZACIÓN DE LAS NORMAS PRIVADAS.</b>	20
<b>4.5. AMÉRICA LATINA</b>	21
<b>4.6. LA NANOTECNOLOGÍA COMO POLÍTICA DE ESTADO Y SU REGULACIÓN EN NUESTRO PAÍS</b>	23
<b>4.7. ASPECTOS DE I+D+I.</b>	28
<b>4.9. CONCLUSIONES SOBRE LA NORMALIZACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA</b>	29
<b>5. LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA PETROLERA – PROSPECTIVA PARA YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES.</b>	30
<b>5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGIA PRESENTES EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO</b>	31
<b>5.2. AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN SECTORES CLAVE DE PETRÓLEO Y GAS: SENSORES, RESVESTIMIENTOS, NANOFUIDOS Y NANOMATERIALES.</b>	33
<b>5.3. APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA EL MONITOREO DE YACIMIENTOS</b>	35
<b>5.4. INCENTIVOS ESTATALES PARA QUE LAS EMPRESAS INVIRTAN EN TECNOLOGÍA: EL CASO DE PERÚ.</b>	37
<b>5.5. CONCLUSIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO</b>	37
<b>6. CASOS DE ÉXITO – EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA QUE APLICAN MICRO Y NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DE LOS NO CONVECCIONALES.</b>	38
<b>6.1. YTEC</b>	38
<b>6.2. ARSULTRA</b>	40
<b>7. CONCLUSIÓN</b>	42
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b>	45

## 1. ABREVIACIONES

<b>ANPCyT</b>	<b>Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica</b>
<b>ATI</b>	<b>Asistencia Técnica Internacional</b>
<b>CE</b>	<b>Comisión Europea</b>
<b>CNEA</b>	<b>Comisión Nacional de Energía Atómica</b>
<b>CONICET</b>	<b>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas</b>
<b>FAN</b>	<b>Fundación Argentina de Nanotecnología</b>
<b>FONARSEC</b>	<b>Fondo Argentino Sectorial</b>
<b>FONTAR</b>	<b>Fondo Tecnológico Argentino</b>
<b>I+D+i</b>	<b>Investigación + Desarrollo + innovación</b>
<b>INPI</b>	<b>Instituto Nacional de la Propiedad Industrial</b>
<b>INN</b>	<b>Iniciativa Nacional de Nanotecnología</b>
<b>MEMS</b>	<b>Microelectromechanical Systems</b>
<b>MNT</b>	<b>Micro y Nanotecnologías</b>
<b>N+N</b>	<b>Nanociencias y las Nanotecnologías</b>
<b>NSTC</b>	<b>National Sciences and Technology Council (EE.UU.)</b>
<b>PBI</b>	<b>Producto Bruto Interno</b>
<b>PRIS</b>	<b>Proyectos Regionales Integrados</b>
<b>PYME</b>	<b>Pequeña y Mediana Empresa</b>
<b>TIC</b>	<b>Tecnologías de Información y Comunicación</b>
<b>UBA</b>	<b>Universidad Nacional de Buenos Aires</b>
<b>UE</b>	<b>Unión Europea</b>
<b>UVT</b>	<b>Unidad de Vinculación Tecnológica</b>

## 2. INTRODUCCIÓN

Aun cuando el término “nanotecnología” es ampliamente utilizado, no existe un consenso que permita delimitarlo como sector. El término “nano” corresponde a un prefijo del Sistema Internacional de Unidades que indica un factor de  $10^{-9}$ , es decir una mil millonésima parte de algo<sup>1</sup>. En términos genéricos se entiende por nanotecnología a la capacidad técnica para modificar y manipular la materia con la posibilidad de fabricar materiales y productos a partir del reordenamiento de átomos y moléculas, desarrollar estructuras o dispositivos funcionales a las dimensiones nano<sup>2</sup>.

La posibilidad de crear nuevas estructuras y productos con precisión atómica abre las puertas de un nuevo horizonte tecnológico. El área de las nanotecnologías es reciente y pluridisciplinaria. A nivel mundial, se encuentra en una etapa de acumulación de conocimiento y generación de innovaciones, en función de un conjunto de potenciales aplicaciones. Dado el nivel científico alcanzado en el tema, la Argentina se encuentra bien posicionada ante este nuevo paradigma productivo. En la última década, la investigación ha avanzado significativamente, con la expectativa que este nuevo conocimiento brinde a la sociedad grandes beneficios en el ámbito de la salud, los alimentos, la energía, el medio ambiente, la electrónica y la telecomunicación, entre otros sectores.

Los roles público, privado e institucional son cruciales a fin de generar mecanismos e instrumentos que posibiliten la inclusión plena de nuestro país en esta nueva tecnología. La consolidación de las instituciones de investigación en nanotecnología y su mayor asociación en redes de colaboración, son factores claves para favorecer los procesos de transferencia del conocimiento desde la investigación básica a la aplicación industrial<sup>3</sup>.

El Estado debe acompañar desde etapas tempranas la promoción y el fortalecimiento de estas tecnologías fomentando la rápida vinculación con el sector empresario y el funcionamiento en red para mantener y fortalecer sus capacidades innovativas<sup>4</sup>.

La aplicación de la nanotecnología en la industria del petróleo no es algo completamente nuevo, ya que se han utilizado nanopartículas con éxito en los lodos de perforación durante los últimos 50 años. En los últimos años las demás áreas clave de la industria del petróleo (tales como la exploración, producción primaria y asistida, monitoreo, refinación y distribución) se han acercado a las nanotecnologías, viéndolas como un desarrollo favorable para afrontar temas críticos relacionados con ubicaciones remotas (como aguas ultraprofundas y ambientes árticos), condiciones

---

<sup>1</sup> Así, por ejemplo, un nanómetro (nm) equivale a la milmillonésima parte de un metro

<sup>2</sup> En internet: [http://metamodern.com/2009/12/29/theres-plenty-of-room-at-the-bottom"-feynman-1959/](http://metamodern.com/2009/12/29/theres-plenty-of-room-at-the-bottom)

<sup>3</sup> Boletín Estadístico Tecnológico – BET N°3. Abril/junio de 2009. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Buenos Aires – Argentina.

<sup>4</sup> Charles Vest. “National Nanotechnology Initiative - Leading to the next industrial revolution”, <http://www.ostp.gov/galleries/NSTC%20Reports/NNI2000.pdf>

extremas (formaciones de alta temperatura y alta presión) y sobre todo, los reservorios de no convencionales<sup>5</sup>.

En Argentina la nanotecnología atraviesa una creciente fase de desarrollo, con una importante masa crítica de investigadores científicos y tecnológicos, emprendedores y empresarios involucrados y con una dinámica de innovación, que han permitido contar con algunos productos en el mercado y procesos en la industria. Asimismo cuenta con altas potencialidades científicas y tecnológicas -públicas y privadas-, y está en condiciones de desarrollar diversos proyectos en el campo de las micro y nanotecnologías. Las capacidades están difundidas entre los distintos actores del sistema y son de potencial interés y utilidad para las industrias innovadoras del país<sup>6</sup>.

En la última década ***se han instrumentado políticas públicas de fomento que incluyen diversos instrumentos de financiación*** de las actividades realizadas por diversos organismos públicos y actores privados, que hoy cubren un amplio espectro de programas de apoyo, que se analizarán en detalle en el presente trabajo<sup>7</sup>.

La nanotecnología carece actualmente de un marco regulatorio que favorezca su desarrollo, tal como ha sucedido en otros países del mundo, aun cuando existen organismos públicos responsables.

Existen en otros países donde el desarrollo de la I+D+i ha sido más intenso, y en donde sus aspectos regulatorios vinculados con la ética, la propiedad intelectual, la seguridad de las personas y el ambiente han sido más vigorosos y que señalan un rumbo posible para transitar.<sup>8</sup>

En lo que hace a la explotación de reservorios, Rubén Etcheverry y Miguel Toledo plantean que requieren una combinación de un buen marco regulatorio, idoneidad operativa y el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías, con sus correspondientes incentivos.<sup>9</sup>

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la economía mundial enfrenta dificultades y desequilibrios importantes que indican la necesidad de un cambio de estilo predominante de desarrollo. Tres desafíos se destacan muy especialmente. El primero de ellos tiene que ver con el sesgo recesivo de la economía mundial. La recuperación del comercio. El segundo, con la desigualdad de las principales economías del mundo; y el tercero, se vincula con los riesgos crecientes para el medio ambiente debido al actual patrón de crecimiento<sup>10</sup>.

---

5 Cocuzza Matteo, Pirri Candido, Rocca Vera y Verga Francesca: Current and Future Nanotech Applications in the Oil Industry. American Journal of Applied Sciences, 2012. pag.784-793. 2012

6 Vila Seoane, Maximiliano: Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial. Tesis de Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, UNGS, Los Polvorines, 2011.

7 ANPCyT. Informe de Gestión de la ANPCyT de 2013 (<http://www.agencia.mincyt.gob.ar>).

8 Para el presente trabajo se han utilizado los resultados del informe "Trabajo / Diagnóstico de los Instrumentos de Regulación, Financiación y Promoción de la Nanotecnología en el País" elaborado por la Plataforma Nanopymes de la Dirección Nacional de Relaciones Internacionales del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en internet: [www.nanopymes.mincyt.gob.ar](http://www.nanopymes.mincyt.gob.ar)

9 Rubén Etcheverry y Miguel Toledo (2012). "Yeil" Las nuevas reservas. Mendez Industria Gráfica, Capital Federal.

<sup>10</sup> En internet: [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40159/S1600653\\_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40159/S1600653_es.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Si tenemos en cuenta los desafíos mencionados, cabe preguntarnos si el desarrollo de empresas de base tecnológica no es sólo deseable, sino que debe configurar una política de estado. Sin lugar a dudas esto contribuiría al desarrollo de empresas de alta incidencia tecnológica, no sólo brinden soluciones específicas a la industria de los hidrocarburos sino que además requieran de capital humano altamente capacitado con su consecuente mejora en la calidad del empleo y mejores salarios, que además añadan valor a los servicios que brindan. Asimismo, no deberían perderse de vista los riesgos ambientales, a la salud y a la seguridad de los trabajadores que el desarrollo de toda nueva tecnología implica.

### **3. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO**

A fin de abordar la temática propuesta para el presente estudio, procederemos a llevar a cabo una revisión de los alcances, evolución y tendencias de la Nanotecnología en el mundo y en Argentina, como así también la identificación de las principales políticas y programas gubernamentales de fomento y financiación existentes en Argentina, así como sus marcos conceptuales y sus orientaciones. Asimismo, identificaremos sus actores principales, la utilización de los mismos por parte de la comunidad científica, tecnológica y empresarial vinculada con la nanotecnología y su específica vinculación con el desarrollo de elementos tecnológicos que permitan su aplicación en la industria de los HC.

Por su parte, identificaremos las principales fuentes de financiación para proyectos científicos, tecnológicos y de innovación en el campo de las Nanociencias y las Nanotecnologías (N+N), públicas, privadas y originadas en programas, proyectos y actividades financiadas por la cooperación internacional. y su específica vinculación con el desarrollo de elementos tecnológicos que permitan su aplicación en la industria de los HC; a fin de debatir sobre su pertinencia y funcionabilidad para el desarrollo de empresas de base tecnológica

De igual forma, se analizará la regulación de las N+N a nivel mundial y en Argentina así como los organismos responsables de regular estas áreas las acciones en la materia, buscando identificar los vacíos legales existentes, así como las áreas de vacancia y temas críticos actuales, compromisos futuros y decisiones institucionales de afrontarlos.

Finalmente, se llevará a cabo un análisis de dos casos exitosos de empresas de base tecnológica que han incursionado en la industria de los hidrocarburos no convencionales para identificar los elementos y tendencias que permitieron dichos logros para finalmente elaborar propuestas en relación a los incentivos y apoyos para el impulso de las micro y nanotecnologías en Argentina, así como en relación a las normativas correspondientes.

#### **3.1.. La Nanotecnología: Un nuevo paradigma**

Actualmente en Argentina existe un debate no saldado sobre el concepto de nanotecnología, por lo que resulta conveniente utilizar una definición amplia, que englobe a las microtecnologías y nanotecnologías. En materia de definición de lo que constituye una empresa de nanotecnología, también debe adoptarse un enfoque amplio que considere a desarrolladores, usuarios y comercializadores de instrumentos y equipos.

La **definición** de la Nanotecnología toma su nombre del prefijo "nano", una palabra que proviene del griego, que significa "enano". En términos más técnicos, la palabra "nano" significa 10 elevado a la (-9), o una mil millonésima parte de algo. Algunos autores consideran que esta definición, basada exclusivamente en el tamaño, no resulta suficiente para definir este concepto, y sostienen que hay que mostrar que, aparte de ajustarse a las dimensiones, o aun no ajustándose a estas dimensiones, las nanoestructuras poseen propiedades diferenciadas y cualitativamente distintas, propias del espacio nano. También existe una tendencia a considerar los "Microelectromechanical Systems (MEMS)" como un sector tecnológico que debe ser incluido en la Nanotecnología, o tan estrechamente asociado que resulta inescindible<sup>11</sup>.

No existe un consenso internacional sobre una definición de Nanotecnología, ni acuerdos generales sobre lo que ese campo incluye. Estas diferencias de enfoques conceptuales también se registran entre los investigadores nanotecnológicos de la Argentina. Cabe destacar que la actividad en Nanociencias y Nanotecnologías (N+N) del país está en una fase inicial, por lo que se considera conveniente, más allá de las polémicas que estos temas despiertan, incluir en el universo que abarca el presente trabajo, a las Microtecnologías y a las Nanotecnologías<sup>12</sup>.

Es una práctica habitual hablar de N+N sin diferenciar ambos conceptos. Sin embargo, existe un consenso entre los especialistas en que las **Nanociencias** son las generadoras del conocimiento básico sobre la fenomenología específica de esa escala, desde el punto de vista de la física, de la química o de la biología, mientras que las **Nanotecnologías** se refieren a las técnicas de observación, manipulación y fabricación de productos y dispositivos en esa escala<sup>13</sup>. Por ello, las Nanotecnologías suelen ser consideradas como las nuevas ingenierías del siglo XXI, basadas en los conocimientos aportados por la investigación en Nanociencias<sup>14</sup>.

La industria vinculada con la Nanotecnología es una realidad en creciente desarrollo, pero su diversidad lleva a que su caracterización sea compleja. A nivel internacional no

---

<sup>11</sup> Comisión de las Comunidades Europeas: "Hacia una Estrategia para la Nanotecnología en la Unión Europea". 2004. <http://ec.europa.eu/>

<sup>12</sup> Vila Seoane, Maximiliano: Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial. Tesis de Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, UNGS, Los Polvorines, 2011.

<sup>13</sup> El problema es que para estas tecnologías avanzadas, las distancias que separan los laboratorios de investigación y de desarrollo experimental de la cadena de producción industrial son tan pequeñas, que no es fácil establecer fronteras claras. Así, es muy corriente que un nuevo producto comercial, capaz de revolucionar todo un mercado, esté basado en un descubrimiento científico muy reciente. Esta consideración, como toda afirmación general, tiene excepciones, como es el caso del campo nanomédico. Pese a ello, se considera conveniente que este trabajo englobe a las N+N.

<sup>14</sup> Vila Seoane, Maximiliano: Op. Cit.

existe una definición consensuada sobre lo que es una **empresa de nanotecnología**. Las tipologías usualmente utilizadas suelen englobar distintos tipos: i) empresas que tienen a la Nanotecnología como el objeto central de su actividad, a las que se denominan **desarrolladoras**; ii) empresas que utilizan en sus procesos productivos insumos, procedimientos, dispositivos o productos aportados por la Nanotecnología, a las que se denomina **usuarias**; y iii) las que desarrollan y comercializan instrumental especializado, a las que se denomina empresas **proveedoras**<sup>15</sup>.

En función de esta situación, y del relativamente reducido universo de empresas involucrado, en este trabajo se considerará como empresa de nanotecnología a toda empresa relacionada con el desarrollo y aplicación de conocimientos, elementos y/o técnicas para el aprovechamiento de nuevas propiedades inherentes a la nanoescala, incluyendo a las dedicadas a la producción y comercialización de programas, herramientas e instrumentos útiles para trabajar, medir y diseñar a escala nano. Es decir, las desarrolladoras, las usuarias y las proveedoras.

### 3.2. LA NANOTECNOLOGÍA EN EL MUNDO. ALCANCES, EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS

En la última década la Nanotecnología ha adquirido una alta prioridad a nivel global, porque surge como un nuevo conjunto de tecnologías de propósito general que pueden tener grandes impactos en muchos sectores industriales y de la salud, como en su oportunidad tuvieron las tecnologías de la información y comunicación, dado que permiten modificar los insumos utilizados en diversas industrias así como crear productos, transformarlos y mejorarlos en plazos relativamente breves<sup>16</sup>.

Las N+N son nuevas áreas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) que se centran en el trabajo de los fenómenos a escala atómica, molecular y macromolecular y permiten manipular o auto-ensamblar los átomos, moléculas o racimos moleculares en estructuras, para crear materiales y dispositivos con nuevas o muy diferentes propiedades. En dicha escala se presentan fenómenos que cambian drásticamente el comportamiento de los materiales, posibilitando que se los utilice de forma mucho más eficiente y útil. Prometen una mejor comprensión de la naturaleza y de la vida misma, en donde el tamaño y las formas son importantes.

La Nanotecnología abarca la ciencia a nanoescala, la ingeniería y la tecnología, e involucra imágenes, medición y modelado, y manipulación de la materia a esa escala de longitud. Una de sus características básicas es su carácter disruptivo. A diferencia de otras tecnologías, no perfecciona las ya existentes, sino que las sustituye. Más que generar aumentos de productividad o reducciones de costos, los desarrollos nanotecnológicos pueden sustituir o modificar sustancialmente determinados tipos de productos o procesos. Permiten aumentar la eficiencia de la industria tradicional y desarrollar nuevas aplicaciones mediante las tecnologías emergentes. Además de sus

---

<sup>15</sup> Seventh Nanoforum Report: European Support for Nanotechnology Small and Medium-Sized Enterprises, En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>, December 2005.

<sup>16</sup> Comisión de las Comunidades Europeas: Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo: Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009; Bruselas, 07/06/2005 COM (2005) 243. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>

impactos en el desarrollo de diversas industrias, en el futuro permitirán la producción de energía más económica y limpia, así como la producción de materiales ecológicos; algunas de estas aplicaciones ya se encuentran disponibles<sup>17</sup>.

La Nanotecnología es una de las nuevas tecnologías revolucionarias, porque tiene impactos en muchos sectores de la economía y va incidiendo en el tejido industrial de los países. Ya impacta positivamente en numerosas industrias, tales como: nuevos materiales; sensores industriales; nuevos dispositivos electrónicos; la actividad espacial; nuevas técnicas de diagnóstico de numerosos sectores vinculados con la salud humana; nuevos fármacos y vacunas; técnicas para preservación del medioambiente; industria automotriz; industria de la construcción; metrología; energía, etc. Esta amplitud de temáticas da lugar a que los potenciales desarrollos tengan más que ver con las capacidades de la oferta de cada país, que con eventuales identificaciones de mercados potenciales o nichos de mercados. Un informe de UNESCO (2007) destaca que diez de las aplicaciones más promisorias de la Nanotecnología para los países en desarrollo (PED) podrían contribuir positivamente al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio establecidos por las Naciones Unidas.

Por sus características intrínsecas la Nanotecnología es un conjunto de tecnologías fuertemente basadas en ciencia y de matriz interdisciplinaria, lo que genera la necesidad de ingentes inversiones en I+D+i. Requiere alta inversión en recursos humanos muy calificados – tanto en el sector público como en las empresas – y en equipamiento en los centros de I+D, no limitado a los laboratorios de investigación sino también en relación a los componentes de escalado para dar asistencia a las empresas<sup>18</sup>.

Demanda además una alta interrelación entre científicos y tecnólogos de distintas disciplinas y entre los productores de conocimiento y los innovadores del sector industrial en numerosas áreas. Es por ello que sus exigencias en recursos humanos especializados no se limitan a las capacidades de los Centros de I+D, sino que se requieren además personas altamente capacitadas en el sector productor privado, que puedan interactuar eficientemente con el sistema científico. Se considera importante destacar este aspecto como un requerimiento crucial para una estrategia de desarrollo industrial en este campo, dado que una alta proporción de las PyME no tienen capacidades por sí mismas para afrontar una estrategia sostenida de inversión en recursos humanos y costos operativos cuyos beneficios se pueden lograr sólo en el mediano y largo plazo.

A partir de las promesas de oportunidades revolucionarias y en alguna medida a la luz de sus éxitos, la Nanotecnología ha ganado una creciente presencia en las agendas de las políticas de ciencia, tecnología e innovación de los países desarrollados y se está introduciendo en la agenda de prioridades de algunos países en desarrollo.

---

<sup>17</sup> Comisión de las Comunidades Europeas: "Hacia una Estrategia para la Nanotecnología en la Unión Europea". 2004. <http://ec.europa.eu/>

<sup>18</sup> Barrere, Rodolfo (Coordinador): La Nanotecnología en Iberoamérica: Situación Actual y Tendencias. Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Trabajos Universitarios de la OEI. En <http://www.oei.org>, 2008.

Los gobiernos han ido incorporando en sus políticas públicas diversos instrumentos para promover la investigación, el desarrollo, la innovación y la comercialización de productos, procesos, sistemas, dispositivos e instrumentos basados en, o que utilizan recursos aportados por, la Nanotecnología. Pero además, dado que dicha disciplina permite rápidamente lograr la transferencia en el sistema ciencia-tecnología-innovación si se cuenta con el contexto de apoyo y vinculación adecuado, en poco tiempo se ha registrado una activa participación de inversiones del sector privado. Por ello actualmente a nivel global más de la mitad de los fondos destinados actualmente a I+D en el sector son aportados por empresas, promoviéndose una sinergia entre los sectores productivos y los sistemas de I+D.

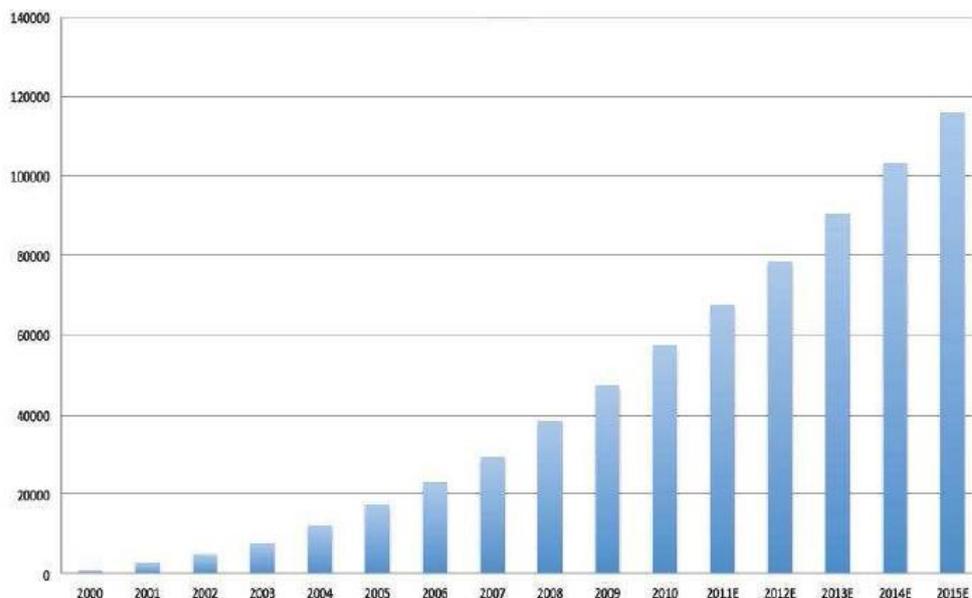
De acuerdo a estimaciones realizadas por Científica Ltd., en 2010 los gobiernos invirtieron unos 10 mil millones de dólares por año y se estima que dichas cifras se incrementaron a 12 mil millones en 2013. La Figura 1 indica las estimaciones de dicha firma sobre la evolución durante la década 2000-2010 y las proyecciones a 2015 de la inversión pública global acumulada en I+D en Nanotecnología. Como puede apreciarse en la Figuras 1 la inversión pública en I+D en Nanotecnología es muy reciente. En este sentido EEUU asumió el liderazgo, implementando a partir de 2001 la National Nanotechnology Initiative (NNI), para la que asignó sumas millonarias de dinero destinadas al desarrollo de la Nanotecnología, promoviendo el trabajo en red de diversos organismos de ciencia y tecnología de ese país. A partir de entonces otros países también han instrumentado diversas iniciativas y planes, promoviendo el desarrollo de redes, centros nacionales y / o regionales. Entre ellos se destacan China, Rusia, Japón, Alemania, Reino Unido, Corea del Sur, Brasil, India y Taiwán. Más recientemente otros países, como Argentina y Méjico, han incorporado a la Nanotecnología entre sus prioridades de I+D<sup>19</sup>.

Teniendo en cuenta que se estima que la inversión privada ya supera a la realizada por los gobiernos, se puede calcular que en el año 2010 la inversión total pública y privada destinada a I+D en Nanotecnologías superó los 20 mil millones de dólares.

**Figura 1. Recursos públicos acumulados destinados a I+D en Nanotecnología a nivel global. Evolución 2000-2010 y proyecciones a 2015**  
(en millones de dólares)

---

<sup>19</sup> Científica Ltd. Global Funding of Nanotechnologies and its impact. 2011.



Fuente: Científica Ltd. Global Funding of Nanotechnologies and its impact. 2011.  
 Nota: los datos con E son estimaciones.

Nuestra región ha quedado claramente rezagada en los temas de cambio estructural e innovación, lo que es particularmente preocupante a la luz del avance del paradigma tecno-económico y el desarrollo de la manufactura avanzada. Construir capacidades tecnológicas es crucial para pensar en un crecimiento de largo plazo bajo en carbono. Sin un dominio creciente de las nuevas tecnologías, un país no podría innovar y responder adecuadamente a sus problemas específicos en los campos de la energía, el transporte, ciudades inteligentes y control de residuos y emisiones a lo largo del ciclo de producción y consumo. De hecho, el indicador sobre gasto en investigación y desarrollo (I+D) como porcentaje del producto interno bruto permite dar cuenta de esta realidad y tener un panorama sobre el avance de la innovación y del compromiso de los países con ella<sup>20</sup>.

En América Latina y el Caribe, el auge de los precios de los recursos naturales no fue acompañado de una visión estratégica que apuntara a la ciencia, la tecnología y la innovación como factor clave del desarrollo, por lo que el avance de la región en I+D fue débil comparado con el de China. Mientras que en el 2000 tanto América Latina como China tenían cerca del 1,6% de la inversión mundial en I+D, en el 2012 la región alcanzó solo el 2,8%.

Los países que basan su competitividad en la exportación de productos de alta intensidad tecnológica demandan capacidades científicas muy avanzadas en sus trabajadores y alta inversión en I+D, al tiempo que mantienen una estrecha vinculación entre el sistema productivo y el sistema de ciencia y tecnología. Los sectores de alta intensidad tecnológica muestran una menor exposición a la entrada de competidores, mientras que los de baja intensidad tecnológica están mucho más expuestos a la competencia internacional, generando rentas más bajas. De esta manera, la

<sup>20</sup> En internet:  
<http://www.ictsd.org/bridgesnews/puentes/news/%C2%BFhaciaunnuevoestilodedesarrollolaagenda2030yelbigpush>

exportación de productos avanzados tecnológicamente es una característica de casi todos los países desarrollados.

En línea con lo expuesto, puede afirmarse que los países con un mayor nivel de exportaciones de productos de alta intensidad tecnológica demandarán mayores capacidades y más inversión en ciencia y tecnología. Los sectores exportadores de bienes tecnológicamente avanzados difícilmente sobrevivirán sin recursos humanos capaces de desarrollar estos productos. Al mismo tiempo, los trabajadores de una economía no tienen incentivos para especializarse e invertir en capital humano avanzado si no existe un mercado que demande esas habilidades. Esta relación disminuye las posibilidades de que los países que no se dedican a la exportación de bienes intensivos en tecnología puedan hacerlo en el futuro, si no planifican una adecuada estrategia de desarrollo tecnológico<sup>21</sup>.

#### **4. EL ESCENARIO REGULATORIO INTERNACIONAL DE LAS N + N.**

A nivel internacional los países y regiones se están orientando a la adopción de sistemas en los que los gobiernos establecen los parámetros dentro de los cuales la industria ejerce su propia regulación. Los principales modelos utilizados son los esquemas de información y los códigos de conducta.

Los códigos de conducta creados para orientar la actividad N+N están en una fase de despliegue. Proviene de diversos sectores, organismos multinacionales, gobiernos, organizaciones industriales, ONG, etc. El Código de Conducta para la Investigación Responsable en N+N de la CE, es la pieza central de la política regulatoria actual de la Unión Europea. Este Código se circunscribe a las actividades de I+D nanotecnológicas y propone la regulación de algunas actividades y una moratoria para el financiamiento de ciertas formas de investigación. Su base es que los investigadores y las organizaciones de investigación deben ser responsables de los impactos sociales, ambientales y sobre la salud humana de sus investigaciones<sup>22</sup>.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es el eje central para la coordinación y la cooperación entre las naciones con fortaleza en N+N. La OCDE creó el Grupo de Trabajo sobre la Manufactura de Nanomateriales del Comité de Productos Químicos. Su objetivo es fomentar la cooperación internacional en los aspectos de los nanomateriales fabricados que guardan relación con la salud humana y la seguridad ambiental, para contribuir a la preparación de una evaluación rigurosa de la seguridad de los nanomateriales<sup>23</sup>.

En el contexto de la regulación del comercio internacional se está debatiendo una estrategia para regular el movimiento transfronterizo de los productos de la

---

<sup>21</sup> En internet:

<http://www.ictsd.org/bridgesnews/puentes/news/%C2%BFhaciaunnueveestilodedesarrollolaagenda2030yelbigpush>

<sup>22</sup> Commission of the European Communities: Commission Recommendation on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research, Brussels, 07/02/2008, C (2008) 424 final. En: Nanoforum–European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>.

<sup>23</sup> Maynard, Andrew: Thinking critically and imaginatively about the challenges of Sophisticated Materials. Primeras Jornadas Nanotecnología y Sustentabilidad: Nuevos desafíos regulatorios. Fundación Argentina de Nanotecnología, CABA, 30-31/10/2012

Nanotecnología, en el marco de las regulaciones sobre el tráfico internacional de sustancias peligrosas. Pero este debate no tiene el aspecto de que se vaya a lograr avances en el corto plazo. Por el momento, algunos países plantean requisitos de información para algunos productos con componentes N+N.

#### 4.1. LA REGULACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA EN EUROPA

El proyecto REACH (registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas, por sus siglas en inglés)<sup>24</sup> es el marco regulatorio primordial de los nanomateriales en la Unión Europea. Esta iniciativa tiene un principio general que puede resumirse como “sin datos no hay circulación en el mercado”. También transfiere la carga de la prueba de la seguridad del producto a los fabricantes y procesadores químicos. Hasta ahora, sin embargo, la Unión Europea ha logrado evaluar solamente 3 mil de los 30 mil productos químicos a granel de uso común<sup>2526</sup>.

A su vez, conforme surge de las conclusiones del Informe Final denominado “Necesidades de información para la regulación e investigación” del proyecto Nanoreg<sup>27</sup>, el conocimiento científico necesario para responder a la mayoría de las cuestiones regulatorias que se relaciona con tres grandes lagunas de conocimientos generales<sup>28</sup>:

- la identificación de las características o propiedades claves que influyen en la liberación, la exposición, el comportamiento (destino y cinética), efectos (riesgos) y subsiguientes riesgos de los nanomateriales,
- los métodos estandarizados para la identificación, cuantificación y caracterización, y
- las estrategias y enfoques Nano-específicos de evaluación de riesgos.

Lo más importante de las características o propiedades claves que influyen en la liberación, la exposición, el comportamiento (destino y cinética), efectos (riesgos) y por lo tanto los riesgos posteriores de los nanomateriales, aún debe ser identificado. Saber qué características determinan la liberación, la exposición, el comportamiento y los

---

<sup>24</sup> Comisión Europea, COMMISSION REGULATION (EC) No 987/2008 of 8 October 2008 amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards Annexes IV and V.

<sup>25</sup> Comisión Real Británica para la Contaminación Ambiental, Novel Materials in the Environment: The case of nanotechnology (Novel Materials Report), 2008.

<sup>26</sup> Hay muchas dudas de que la recientemente creada Agencia Química Europea tenga la capacidad de materializar lo que indica REACH, en especial frente a los pronósticos de escasez de recursos e ingresos. Como si fuera poco, debido a la falta de disposiciones específicas para la escala nanométrica, el principio rector de REACH parece haberse convertido en “sin datos no hay regulación”, y con todo y su existencia desde 2006, los nanomateriales siguen en gran medida sin ser regulados. La opinión de la Comisión de que Europa ha estado ‘hablando con una sola voz’ sobre la nanotecnología es sugerente pero no ampliamente compartida. Sindicatos, sociedad civil, instituciones de la ciencia pública y comités científicos de la Unión Europea han exhortado cada quien por su lado a que se tomen medidas.

<sup>27</sup> En internet: <http://www.nanoreg.eu/project/project-summary>.

<sup>28</sup> Dekkers, S. (RIVM), Sips, A.J.A.M. (RIVM), Oomen, A.G. (RIVM), Cassee, F.R. (RIVM): “NANoREG Grant Agreement Number 310584 - Deliverable D1.2 - Results of GAP analysis Regulatory data gaps and research”. Brussels, 2013.

efectos de los nanomateriales en el medio ambiente y los seres humanos, proporcionará información sobre cuándo el riesgo de evaluación nano-específica es necesario y la información que se necesita para llevar a cabo dicha evaluación del riesgo. Adicionalmente, se necesitan métodos estandarizados para determinar las características clave.

Finalmente, el conocimiento sobre estas características necesita ser implementado en las estrategias y enfoques de evaluación de riesgos monoespecíficos, incluyendo la extrapolación, la lectura a través de la agrupación y enfoques. Estas estrategias y enfoques tienen que ser verificadas por los datos empíricos obtenidos a partir de mediciones de exposición estandarizada, cinética y estudios de toxicidad. Estas tres lagunas de conocimiento no se resolverán totalmente a corto plazo.

En junio de 2010, el Comité sobre Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria del Parlamento europeo propuso prohibir la utilización de nanopartículas de plata y de nanotubos de carbono largos y de paredes múltiples en equipamientos eléctricos sobre la base de que constituyen un riesgo importante para las personas y el ambiente en las etapas de producción y/o utilización. El Comité también propuso que se etiqueten los artículos electrónicos que contengan otros tipos de nanomateriales. Las medidas serían implementadas en el marco de una revisión de la Directiva de Restricción de Sustancias Peligrosas, pero es poco probable que exista un texto final antes de fines de 2011<sup>29</sup>.

#### **4.2. ESTADOS UNIDOS: GRANDES INVERSIONES, POCA REGULACIÓN**

El impulso gubernamental de la nanotecnología en EEUU tiene sus antecedentes en la administración Clinton, cuando en noviembre de 1993, se estableció el National Sciences and Technology Council - NSTC. La "Iniciativa Nacional de Nanotecnología - INN"<sup>30</sup>, aprobada en 2001, se sostuvo en un estudio realizado entre 1996-1998 por el World Technology Evaluation Center, a petición de la National Science Foundation - NSF y otras agencias gubernamentales, que constituyen la estructura operativa central de la iniciativa, aun cuando la coordinación esté a cargo del NSTC. Con el lanzamiento de la INN se establecieron diez agencias con financiamiento federal para I+D en nanotecnología y otras cinco agencias participantes. EEUU casi dobló su gasto federal en nanotecnología y mantuvo sostenidamente dicha partida bajo la idea de ser imprescindible para la seguridad nacional de ese país en el futuro próximo<sup>31</sup>.

---

<sup>29</sup> Comité sobre Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria del Parlamento Europeo, Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast). Borrador del Informe, Jill Evans, Enmiendas 197 – 339. (PE439.897v01-00), 13 de marzo de 2010, p. 93.

<sup>30</sup>National Nanotechnology Initiative: Strategic Plan. National Science and Technology Council; Committee on Technology; Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, Washington D.C., February 2014

<sup>31</sup>National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan. National Science and Technology Council, Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology, Washington, D.C., July 2000

El presidente George W. Bush aumentó aún más los fondos para la nanotecnología. El 3 de diciembre de 2003 Bush promulgó la Ley de Investigación y Desarrollo de Nanotecnología del Siglo XXI (Ley Pública 108-153), que autorizaba gastos para cinco de las agencias participantes por un total de \$ 3,63 mil millones en cuatro años. Esta ley era una autorización, no una asignación, y los créditos posteriores para estas cinco agencias no cumplieron los objetivos establecidos en la Ley. Sin embargo, había varias agencias involucradas en la Iniciativa que no estaban cubiertas por la Ley, y los presupuestos solicitados en virtud de la Iniciativa para todas las agencias participantes en los años fiscales 2006 - 2015 totalizaron más de \$ 1 mil millones cada una<sup>32</sup>.

Por otra parte, la regulación ocupó un papel menor en el enfoque adoptado por la EPA (formulado en su Nanotechnology White Paper de 2007), donde figura que sus preocupaciones se centran en promover una nanomanufactura “verde” y trabajar en sociedad con la industria para promover la autorregulación responsable<sup>33</sup>. No obstante ello, últimamente la EPA ha mostrado algunos signos vitales en su función reguladora. Una exhaustiva revisión de la legislación sobre las sustancias tóxicas dio como resultado un conjunto de principios que si bien siguen repitiendo la cantinela de la “ciencia segura” y sus complementos ideológicos, ha comenzado a trasladar el peso de la prueba a la industria<sup>34</sup>.

La EPA también ha comenzado a iniciar procedimientos judiciales contra empresas que hacen afirmaciones falsas respecto a los nanoproductos. (En 2008 demandó a una empresa de California por haber realizado afirmaciones no fundamentadas acerca de sus recubrimientos antimicrobianos para equipos de computación y en 2009 anunció que emprenderá una acción legal contra afirmaciones similares realizadas por una empresa de calzado que utiliza nanoplata)<sup>35</sup>.

Por su parte, la OSHA (Administración de seguridad y salud ocupacional), una sección del Departamento de Trabajo, es la contraparte de la EPA con responsabilidad sobre la regulación de los riesgos a la salud humana en el trabajo. Al igual que con la EPA, la carga de reunir datos y evaluar el riesgo corresponde a la agencia, no al empleador. Contando con recursos inadecuados, la OSHA está igualmente atada de pies y manos para realizar su mandato y los empleadores “tienen pocos incentivos para revelar información sobre toxicidad o exposición”<sup>36</sup>.

El resultado es un proceso normativo “tan lento que hay miles de sustancias químicas que no tienen límites de exposición ocupacional definidos”. Dado este estado de cosas, es poco probable que los nanomateriales se conviertan en una excepción.

---

<sup>32</sup> En internet: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07341510500103735>.

<sup>33</sup> Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), Nanotechnology White Paper, 2007.

<sup>34</sup> Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), Essential Principles for Reform of Chemicals Management Legislation”, 2009.

<sup>35</sup> Comunicado de prensa de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), “‘The North Face’ Clothing Parent Company Facing Nearly \$1M in Federal Fines Following Unsubstantiated Product Claims”, 22 de septiembre de 2009.

<sup>36</sup> J.-Y. Choi, G. Ramachandran y M. Kandlikar, “The Impact of Toxicity Testing Costs on Nanomaterial Regulation”, Environmental Science and Technology, 20 de febrero de 2009.

La FDA rechazó el etiquetado de los nanoproductos que son de su competencia, a pesar de reconocer que los productos pueden entrar al mercado sin supervisión regulatoria y que sólo intervendría si se interpusieran quejas sobre determinados productos. Su justificación consiste en que no todos los nanomateriales serían peligrosos<sup>37</sup>.

La agencia confirmó que no descarta la aplicación de la calificación GRAS (Generally Recognized as Safe, o Generalmente Reconocido Seguro) para los nanoproductos. La FDA dice que si bien sería demasiado complicado para la industria argumentar a favor de que los nanoproductos obtuvieran la calificación GRAS con la actual falta de comprensión sobre la nanoseguridad, “en dos años será muy sencillo”.

La Comisión para la Seguridad de los Productos de Consumo (CPSC)<sup>38</sup>, agencia reguladora “hermana” de la FDA, se responsabiliza de todos los productos de consumo final, excepto alimentos y medicinas, los cuales representan aproximadamente la mitad de los productos existentes en el mercado. Dado su estrecho mandato legislativo y su falta de recursos<sup>39</sup>, la CPSC también depende de la cooperación de la industria y de que ésta quiera participar —y tarda en hacerlo. Una investigación de la organización de la sociedad civil Public Citizen reveló que en el periodo 2002-2007, las empresas se tomaron un promedio de 993 días para notificar a la Comisión para la Seguridad de los Productos de defectos conocidos en sus productos (es decir, 992 días más de lo que les impone la ley). En este contexto, las perspectivas de que los nanoproductos sean sometidos a un escrutinio regulatorio riguroso no son alentadoras. Además de tener serios problemas de falta de personal, la Comisión recibió como presupuesto el sobrante del amplio presupuesto federal para la nanotecnología —apenas 2 millones de dólares para investigación en nanoseguridad<sup>40</sup>.

La legislación primaria para la regulación de los nanomateriales —la Ley para el Control de las Sustancias Tóxicas (TSCA por su sigla en inglés)— parece una herramienta inadecuada para una tarea que debe abordar varios frentes. Pero si bien esta ley se encarga de estudiar todas las sustancias químicas, deja que la Agencia de Protección Ambiental (EPA) solicite a los fabricantes solamente los detalles mínimos de su producción<sup>41</sup>. La legislación estadounidense exige que las sustancias químicas sean incorporadas en una lista antes de entrar al mercado, lo cual explica por qué la cuenta de sustancias químicas es mayor en Estados Unidos que en la Unión Europea.

Por último, recae en la EPA la responsabilidad de demostrar que la regulación es la opción menos onerosa para el manejo del riesgo. A mediados de la década de 1990 la EPA había logrado estudiar sólo 1 200 (2%) de las 62 mil sustancias químicas en existencia antes de 1979, esto indica que existe escasa capacidad para comenzar a

---

<sup>37</sup> Administración Federal para Medicamentos y Alimentos de Estados Unidos (USFDA), Nanotechnology: A report of the U.S. Food & Drug Administration Nanotechnology Task Force, 2007.

<sup>38</sup> E.M. Fletcher, The Consumer Product Safety Commission and Nanotechnology, Proyecto sobre Nanotecnologías Emergentes 14, 2008.

<sup>39</sup> E.M. Fletcher: Op. Cit.

<sup>40</sup> T.H. Moore, “Statement Submitted to Senate Committee on Commerce, Science, and Transportation’s Subcommittee on Consumer Affairs, Insurance, and Automotive Safety”, Washington, D.C., 21 de marzo de 2007.

<sup>41</sup> J.-Y. Choi, G. Ramachandran y M. Kandlikar, “The Impact of Toxicity Testing Costs on Nanomaterial Regulation”, Environmental Science and Technology, 20 de febrero de 2009.

manejar las nuevas solicitudes que ya se perfilan. La EPA informa que entre 2005 y 2009 recibió más de setenta “avisos de sustancias químicas nuevas” para nanomateriales de parte de fabricantes de productos<sup>42</sup>.

Si bien varios organismos del gobierno federal de Estados Unidos tienen la responsabilidad de desarrollar las regulaciones para las nanotecnologías, la mayoría usan el tiempo en luchar por la obtención de recursos y debatir en pro y en contra de las regulaciones. J. Clarence Davies, con una larga trayectoria en política ambiental, directamente ha dicho que el marco regulatorio de la nanotecnología es en general “débil e inadecuado”<sup>43</sup>.

### 4.3. UNA ALTERNATIVA DE REGULACIÓN PARA LA NANOTECNOLOGÍA: CÓDIGOS PRIVADOS

La metrología ha estado al servicio de todas las revoluciones industriales y uno de los objetivos primarios del desarrollo de normas para la nanotecnología es pasar de la confusión actual, producto de la diversidad normativa, a construir un lenguaje común claro para facilitar su comercio. La seguridad también es un tema de interés y, al respecto, las normas se consideran como una condición previa necesaria para la aceptación pública de las nuevas tecnologías. Puesto que “quien desarrolle la normativa de control, controlará lo que el resto del mundo haga”<sup>44</sup>, no es de extrañar que se vuelque mucho dinero a la formulación de normas. La industria y los gobiernos son los grandes jugadores; la participación de los sindicatos y la sociedad civil es esporádica<sup>45</sup>.

Las denominadas “NanoNaciones” están rebajando sus apuestas y respaldando distintas opciones simultáneamente, es decir, instituciones de normativa nacional, regional o mundial. A escala nacional, desde 2002 China ha formulado alrededor de trece normas específicas para la nanotecnología, que incluyen la adopción de una terminología general, métodos de prueba y especificaciones para los productos (para el óxido de zinc, el carbonato de calcio, el dióxido de titanio y de níquel nanoescalares)<sup>46</sup>, mientras que otras 20 normas estarían en vías de formulación. Entretanto, el Instituto Británico de Normas (BSI) publicó nueve documentos sobre terminología nanotecnológica y directrices. Dado que el BSI dirige los Comités Técnicos sobre Nanotecnología dentro de la ISO, sus directrices se utilizan como primeros borradores para las normas de la Organización Internacional para la Estandarización, ISO, por sus siglas en inglés<sup>47</sup>.

---

<sup>42</sup> OCDE, Current Development/Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials – Tour de Table at the 6th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials, París, Francia, 28-30 de octubre de 2009. Serie sobre Seguridad de los Nanomateriales Manufacturados, n. 20, 2010, p. 64

<sup>43</sup> J.C. Davies, Nanotechnology Oversight: An Agenda for the New Administration, PEN 13, 2008.

<sup>44</sup> S.F. Gale, “The state of standards: Nano”, Small Times, 08 de marzo de 2008.

<sup>45</sup> J. Miles, “Metrology and Standards for Nanotechnology”, en G. Hodge, D. Bowman y K. Ludlow (eds.), New Global Frontiers in Regulation: The Age of Nanotechnology, 2007.

<sup>46</sup> Gobierno de China, Current developments in China on the safety of manufactured nanomaterials: Report to the OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials, 2008.

<sup>47</sup> Institución Británica de Estandarización (BSI), BSI Committee for Nanotechnologies Submission to Royal Commission on Environmental Pollution Novel Materials Study, 2007.

La verdadera acción, sin embargo, se encuentra en las normas internacionales y varias instituciones, entre ellas la ISO, la Comisión Electrotécnica Internacional, la Unión Internacional de Telecomunicaciones y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, están en el negocio de traer orden al mundo de la nanotecnología. Sin embargo, en general se considera que la ISO es el foro para elaborar la mayoría de las normas internacionales sobre nanotecnología<sup>48</sup>. Su Comité Técnico sobre Nanotecnología está conformado por 32 países que colaboran en cuatro grupos de trabajo en terminología y nomenclatura; en medición y caracterización; en los aspectos de la salud, seguridad y ambientales de la nanotecnología; y en normas de especificación de materiales para ciertos nanomateriales<sup>4950</sup>.

En un intento por conservar las riendas, Estados Unidos tiene sus propios Grupos de Asesoría Técnica –que emulan a los de la ISO– para formular las posiciones estadounidenses sobre normas y que dan elementos a los delegados de ese país. Los grupos TAG son convocados por el Instituto Nacional Estadounidense de Normas (ANSI) y son dirigidos por una mezcla de figuras provenientes del mundo empresarial, de las instituciones de investigación y del gobierno<sup>51</sup>.

“La industria estadounidense tiene una oportunidad única de formular el contenido de estas normas de trabajo en su etapa muy inicial e influir en la dirección estratégica”, dice un representante empresarial del equipo de Estados Unidos en la ISO. ANSI, mientras tanto, describe una reunión de instituciones normativas como “muchas gente inteligente alrededor de una mesa, trabajando junta para satisfacer las necesidades de la industria”<sup>52</sup>.

También los europeos sostienen el sistema ISO. El Comité Técnico para las Nanotecnologías (TC 352 Nanotechnologies), del Comité Europeo de Normalización recibió la directiva de formular normas de la Unión Europea en cooperación con la ISO<sup>53</sup>.

Por su parte, el programa de trabajo del Comité Internacional E56 sobre Nanotecnología, de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales abarca los aspectos de terminología y nomenclatura; caracterización; medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo; legislación internacional y propiedad intelectual; enlace y cooperación internacional; y manejo de riesgos y promoción de productos. Doce países forman parte del Comité E56 y éste, que al parecer está conducido por

---

<sup>48</sup> La Organización Internacional de Estandarización (ISO), la Comisión Internacional Electrotécnica (IEC) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) colaboran en el marco del Acuerdo de Cooperación Mundial de Estandarización sobre aspectos de las tecnologías de convergencia. ISO, UNIDO, Fast Forward: National Standards Bodies in Developing Countries, 2008.

<sup>49</sup> V. Musharov y J. Howard, “The US must help set international standards for nanotechnology”, *Nature Nanotechnology*, v. 3, noviembre de 2008

<sup>50</sup> Los países que trabajan en actividades de estandarización sobre la nanotecnología dentro de la ISO son: Argentina, Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Corea, Dinamarca, España, Estados Unidos, Federación Rusa, Finlandia, Francia, Holanda, India, Irán, Israel, Italia, Japón, Kenia, Malasia, México, Noruega, Polonia, República Checa, Singapur, Sudáfrica, Suecia y Suiza. Los ocho países observadores son China, Egipto, Eslovaquia, Estonia, Hong Kong, Irlanda, Marruecos, Tailandia y Venezuela. Varios gobiernos batallan con ahínco dentro de la ISO: los funcionarios estadounidenses tienen nostalgia de los días en que sus normas eran aceptadas de facto como normas internacionales.

<sup>51</sup> ANSI, *Nanotechnology Standards for Health, Safety, and Environmental Factors*, 2008.

<sup>52</sup> S.F. Gale, “The state of standards: Nano”, *Small Times*, 08 de marzo de 2008.

<sup>53</sup> Comisión Europea, *Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009*, Primer Informe de Aplicación, 2005-2007, 2007.

uno o dos individuos clave, tiene firmados acuerdos de asociación con el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, el Instituto Nacional Japonés de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzadas, la organización Internacional de Materiales y Equipos Semiconductores y otras organizaciones estadounidenses<sup>54</sup>.

Las normas publicadas hasta ahora incluyen: terminología, métodos de prueba y una guía de seguridad para el manejo de nanopartículas libres en el lugar de trabajo. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) trabaja en normas para nanoelectrónica, multimedia y telecomunicaciones, electroacústica y aplicaciones de energía (conversión directa a energía eléctrica a partir de pilas de combustible, dispositivos fotovoltaicos y almacenamiento de energía eléctrica). Entre los impulsores de la formulación de las normas dentro de la Unión Europea, financiados por el FP7 (Séptimo Programa Marco para el apoyo de las actividades de investigación y desarrollo en ciencia y tecnología), está la iniciativa Nanostrand (normatividad relacionada con la investigación y el desarrollo de nanotecnologías), cuyo objetivo es el desarrollo de mapas de ruta para la investigación europea en normatividad y la investigación asociada. Nanosafe, también financiada por FP7, lleva a cabo un trabajo relacionado con la normatividad en áreas como las técnicas de detección y caracterización, evaluación de los riesgos para la salud y desarrollo de sistemas de producción industrial seguros<sup>55</sup>.

La multitud de organizaciones que están activas en el desarrollo de normativa nanotecnológica llevó a que la ISO, la IEC, la OCDE y el Instituto Nacional de Normas y Tecnología de Estados Unidos (NIST) llegaran a un acuerdo sobre la necesidad de mejorar su comunicación y coordinación y crear un “grupo de coordinación y enlace sobre nanotecnologías”<sup>56</sup>.

#### **4.4. NORMAS ISO: LA GLOBALIZACIÓN DE LAS NORMAS PRIVADAS.**

Se espera que la OCDE, entre otras organizaciones, conduzca a los países hacia la adopción de las normas ISO. (El Consejo Internacional para la Gobernanza del Riesgo también exhorta a los países y a la industria a aceptar la terminología y las definiciones recientemente adoptadas por la ISO<sup>57</sup>).

Dos tercios de los países que están formulando normas nanotecnológicas en la ISO son países de la OCDE; otros cinco son los estados BRIC (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica; todos con ambiciosos programas estatales en nanotecnología); y el resto son Argentina, Israel, Kenia y Singapur. Otros ocho países observan: Egipto, Estonia, Hong Kong China, Irlanda, Marruecos, Eslovaquia, Tailandia y Venezuela. El carácter excluyente de la ISO no se da de la misma manera que el de la OCDE: técnicamente la organización está abierta a todos los que quieran integrarla.

---

<sup>54</sup> S.F. Gale, “The state of standards: Nano”, Small Times, 08 de marzo de 2008.

<sup>55</sup> IEEE, Productive Systems: A Nanotechnology Roadmap, 2007.

<sup>56</sup> ISO, IEC, NIST y OCDE, International workshop on documentary standards for measurement and characterization for nanotechnologies, Final Report, junio de 2008.

<sup>57</sup> IRGC, Appropriate Risk Governance Strategies for Nanotechnology Applications in Food and Cosmetics, 2009.

Sin embargo, la participación en la dotación de recursos es una cuestión de algunos países, especialmente los del Sur global. La Comisión Europea ve a la ISO como un espacio que “favorece una convergencia mundial de normas para la implementación de medidas regulatorias”<sup>58</sup>.

La reducción de costos podría acelerar la globalización de las normas ISO. Numerosos países simplemente adoptarán esas normas debido al costo que implica elaborarlas por su cuenta<sup>59</sup>.

Algunos países de la Unión Europea expresaron ya su preocupación por la duplicación de esfuerzos como argumento para que las normas ISO se apliquen en el ámbito de la Unión Europea<sup>60</sup>.

La ISO, por su parte, cuenta también con un aliado persuasivo: la Organización Mundial de Comercio (OMC). El Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, por ejemplo, le complicará la vida al país que intente desviarse de las normas nanotecnológicas internacionales existentes<sup>61</sup>.

De hecho, los países signatarios del Acuerdo tienen la obligación de participar (en la medida de lo posible) en la elaboración de normas internacionales, para evitar la duplicación con actividades internacionales y para usarlas como base para la elaboración de normas nacionales<sup>62</sup>.

Así, mientras la ISO se esmera en enfatizar que las normas formuladas en su ámbito son voluntarias y que su adopción es una decisión soberana de los países soberanos, en los hechos eso es en una forma de ficción política<sup>63</sup>.

#### 4.5. AMÉRICA LATINA

En América Latina (AL) los gobiernos promueven las N+N mediante políticas de financiamiento y apoyo a la I+D+I. Pero es muy escaso el financiamiento público destinado a trabajos de riesgo de la N+N. La principal excepción es Brasil, donde el CNPq inició en 2004 la financiación de proyectos sobre aspectos éticos o impactos ambientales de la Nanotecnología y la Nanobiotecnología, que luego no fueron

---

<sup>58</sup> Comisión Europea, Nanosciences and Nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009, Segundo Informe de Aplicación, 2007-2009, Comunicado de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo {SEC(2009) 1468}, 29 de octubre de 2009.

<sup>59</sup> J. Miles, “Metrology and Standards for Nanotechnology”, en G. Hodge, D. Bowman y K. Ludlow (eds.), *New Global Frontiers in Regulation: The Age of Nanotechnology*, 2007.

<sup>60</sup> Organización Ambiental Ciudadana Europea para la Estandarización (ECOS), ECOS on standards for nanotechnologies – Ideas and demands of the environmental community as an input into EC standardization mandate M/409, 2009.

<sup>61</sup> ISO, UNIDO, *Fast Forward: National Standards Bodies in Developing Countries*, 2008

<sup>62</sup> OMC, *Agreement on Technical Barriers to Trade, Annex 3: Code of Good Practice for the Preparation, Adoption and Application of Standards*

<sup>63</sup> P. Hatto, “Supporting Stakeholders’ Needs and Expectations through Standardization”, en *The Innovation Society, Fifth International NanoRegulation Conference 2009: No Data, no Market?*, Informe de la conferencia; OCDE, *Current Development/Activities on the Safety of Manufactured Nanomaterials – Tour de Table at the 6th Meeting of the Working Party on Manufactured Nanomaterials*, París, Francia, 28-30 de octubre de 2009, Serie sobre Seguridad de los Nanomateriales Manufacturados, n. 20, 2010,

continuados. En México la Universidad Autónoma de Nuevo León comenzó a construir en 2012 un Centro de Investigación en Biotecnología y Nanotoxicología. Lo mismo sucedió en Argentina con el Programa de Investigación de la Universidad Nacional de Quilmes y con las actividades de la FAN<sup>64</sup>.

En **Brasil** existe un debate inicial sobre la sanción de un instrumento legislativo para regular las N+N. El enfoque del MCTI es aportar contribuciones científicas que orienten la nueva legislación, para evitar la posibilidad de que se obstaculice el desarrollo del sector en el país. Se discute la necesidad de mejorar la definición de lo que puede ser considerado Nanotecnología; una regulación basada en la ciencia; la atención a las recomendaciones de organismos internacionales; y la posibilidad de la existencia de más de un Reglamento, al considerar lo complejo del tema, dado que no se trata de una tecnología, sino un conjunto enorme de Nanotecnologías. Se propone utilizar un sistema de etiquetado voluntario para las empresas, previo a establecer uno obligatorio, para facilitar la adaptación del sector, y la priorización de la información en lugar de utilizar símbolos. También propone establecer un marco legal de N+N que fomente un desarrollo responsable. Hasta el momento no hay un marco normativo aprobado. La Red de Nanoseguridad de Brasil sugiere que se tomen los recaudos y se sigan los protocolos correspondientes al trabajo con productos químicos peligrosos<sup>65</sup>.

En fecha reciente, Brasil creó un Comité Interministerial para la nanotecnología, que tiene como objetivo ayudar a los Ministerios del Gobierno Federal en la integración de la gestión, coordinación y mejora de las políticas, directrices y acciones de las nanotecnologías. Está integrado por un representante y un suplente de diez ministerios, siendo el MCTI responsable de su coordinación. En 2014 el CIN se adhirió a NANoREG.

En **México** el gobierno considera que las Nanotecnologías pueden generar beneficios importantes. La falta de un desarrollo responsable podría inhibir su aprovechamiento y dar lugar a rezagos importantes en la competitividad del país, como la capacidad industrial y los enfoques innovadores. Como otras tecnologías emergentes las Nanotecnologías también presentan riesgos potenciales para la salud humana, para otros seres vivos y para el ambiente, durante el ciclo de vida de sus productos, cuya atención insuficiente podría acarrear efectos adversos. Pero hasta el presente la identificación y evaluación de los riesgos está en fases tempranas, con resultados concluyentes sólo en muy pocos casos.

En el marco normativo mexicano existente se encuentran algunas regulaciones que pueden servir como una primera aproximación para la regulación de las N+N. Se han elaborado Lineamientos encaminados a complementarlas, basadas en datos fundamentados científicamente, que coadyuven a evitar barreras técnicas al comercio y propiciar el aprovechamiento sustentable de estas tecnologías. Los Lineamientos establecen guías generales para que las dependencias y organismos reguladores del

---

<sup>64</sup> Barrere, Rodolfo (Coordinador): La Nanotecnología en Iberoamérica: Situación Actual y Tendencias. Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Trabajos Universitarios de la OEI. En <http://www.oei.org>, 2008.

<sup>65</sup> Barrere, Rodolfo (Coordinador): Op. Cit.

Gobierno Federal de México, en el marco de sus competencias y cuando sea apropiado, emitan regulaciones sobre las N+N en cualquiera de sus aplicaciones, y sobre los productos o servicios que contengan o hagan uso de nanomateriales producidos directa o indirectamente por el ser humano, en cualquier etapa del ciclo de vida. Los Lineamientos deben ser sometidos a revisión cuando se identifiquen modificaciones relevantes en el ámbito de las Nanotecnologías, pero en ningún caso después de tres años a partir de su aprobación<sup>66</sup>.

#### **4.6. DESARROLLO DE LA NANOTECNOLOGÍA EN NUESTRO PAÍS**

##### La Nanotecnología en el ámbito argentino.

Las N+N generan esperanzas y preocupaciones. Esto despierta el interés del público y de las autoridades y surge el interés por fomentar las actividades y también por establecer normas regulatorias de la actividad. Varios actores de la sociedad civil, tales como organizaciones de normalización, entidades médicas, organizaciones de trabajadores y ambientalistas, se preocupan sobre sus impactos y sobre los potenciales riesgos involucrados en su utilización. Un amplio abanico de entidades, públicas y privadas, han colocado en el escenario público la problemática. Estas entidades vigilan la evolución de estas temáticas y procesan internamente los modos de asumir las responsabilidades que le corresponden, en función del ordenamiento institucional del país. La atención de las problemáticas que podrían vincularse con la I+D+I en las N+N están protegidas por la Constitución o por leyes y decretos nacionales, y están bajo la jurisdicción de distintos Ministerios, que operan a través de dependencias propias y/o de organismos descentralizados.

La Nanotecnología está presente en la Argentina en diversos productos, tales como pinturas, perfumes, en la industria farmacéutica, la alimentaria, la textil, la de los cosméticos, etc. Los procesos y productos con componentes nano han ingresado en el mercado sin mayor control, o su aprobación se ha realizado utilizando normas generales y sólo en algunos casos con una preocupación más rigurosa de los problemas que podrían producirse por parte de las agencias reguladoras. No existe legislación Nacional para Bioseguridad o Seguridad Biológica, ni para las N+N; y los investigadores y responsables utilizan normas adaptadas<sup>67</sup>.

Este escenario se completa con la evidencia, acerca de los escasos conocimientos disponibles sobre los riesgos de las N+N. Las comunidades científicas e industriales se muestran marcadamente a favor del desarrollo del conocimiento y en apoyo a la innovación en N+N, con matices y cuestionamientos puntuales. En la agenda social no

---

<sup>66</sup> Barrere, Rodolfo (Coordinador): Op. Cit.

<sup>67</sup> López, Gerardo: Nanotecnología y aspectos socioambientales: de la formación a la acción. Seminario Nanotecnología y Sustentabilidad, Buenos Aires, octubre 30-31 del 2012

existen preocupaciones o reclamos notorios por parte de actores sociales potencialmente involucrados en los debates sobre las nuevas tecnologías<sup>68</sup>.

Varios investigadores creen que se ha caracterizado a la seguridad de las N+N como un problema muy serio, en algunos casos en forma tendenciosa. Se mencionó que se trata de convertir a la palabra “nano” en una mala palabra, asociada en forma indisoluble a la toxicidad que se le asigna. El principal problema radica en conocer lo que sucede cuando una nanopartícula ingresa en el organismo, cómo se introduce en una célula, los distintos mecanismos que utiliza para interactuar, dónde se deposita, etc. En este tema hay mucha información internacional, pero pocas certidumbres. A nivel más específico, la opinión generalizada es que los riesgos son menores a los que originan los insumos (antibióticos, reactivos químicos, radiación, etc.) que se utilizan en los procesos de I+D. Adicionalmente se comenta que las muestras utilizadas son pequeñas, en muchos casos se manipulan en forma aglomerada y su eliminación es segura<sup>69</sup>.

Los empresarios reaccionan sacando la palabra “nano” de la descripción de sus productos. Venden lo mismo, pero no dicen que tiene nano; así por ejemplo se vende un remediador de suelo, no un nanoremediador de suelo. Eso se está haciendo también en los EEUU, donde ingresan cada vez más productos nano al mercado, y nadie informa, a pesar del régimen voluntario para que informen. El producto sirve, es inocuo, pero si dicen que es nano surgen los problemas. El tratamiento de los temas de seguridad de la N+N en la industria está acotado en términos generales a las cuestiones de higiene y seguridad industrial. Las empresas grandes tienen sistemas de higiene y seguridad basados en normas internacionales. Las PYMES tienen una relativamente baja preocupación por estos aspectos. La seguridad en estas empresas es deficitaria en general en temas como el manejo de compuestos químicos peligrosos. Por otra parte, las nuevas empresas PYMES y los proyectos empresarios basados en las N+N que trabajan con fondos públicos del FONARSEC, el FONTAR o la FAN, utilizan los criterios de higiene y seguridad que establece la ANPCyT; y utilizan en sus laboratorios los criterios de seguridad de laboratorios químicos utilizados en el sistema de I+D público.

### La Nanotecnología en el marco legal argentino.

La Constitución Nacional protege los derechos de trabajadores y consumidores. Los principales aspectos en consideración incluyen los temas ambientales, a cargo de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Humano y de los organismos provinciales similares, los temas de riesgos potenciales en la actividad laboral, que corresponden al Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, y los temas de salud humana y de sanidad de los alimentos, que corresponden al Ministerio de Salud. El principal organismo de

---

<sup>68</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología (COMEST): Nanotecnología y ética – Políticas e Iniciativas, UNESCO, Paris 07 SP, 2008.

<sup>69</sup> Maynard, Andrew: Thinking critically and imaginatively about the challenges of Sophisticated Materials. Primeras Jornadas Nanotecnología y Sustentabilidad: Nuevos desafíos regulatorios. Fundación Argentina de Nanotecnología, CABA, 30-31/10/2012

promoción de la actividad de I+D+I es el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT)<sup>70</sup>.

El trabajo realizado permite señalar que en Argentina no se ha sancionado ninguna norma específica referida a la regulación de las N+N. Existe una iniciativa todavía no concretada, que es la posible publicación de una norma IRAM, que establece una nomenclatura para las N+N. Este Instituto comenzó a trabajar en la Nanotecnología en el año 2007. En 2008 la ISO formó un Comité de Nano e IRAM se incorporó como miembro participante. IRAM también creó una Comisión de Nanotecnología, integrada por especialistas de diversos organismos nacionales y de algunas empresas<sup>71</sup>.

En esta Comisión se está considerando una norma de vocabulario general, que permita definir conceptos básicos, normalizados y consensuados para las distintas áreas de trabajo posibles, que faciliten las comunicaciones entre organizaciones e industrias. Los objetivos siguientes del IRAM en esta temática son: i) la preparación de una hoja de datos de seguridad para la circulación de los nanomateriales; ii) una norma sobre metodología de evaluación del riesgo de los nanomateriales; y iii) una norma referida a la gestión de los riesgos ocupacionales<sup>72</sup>.

#### Nanotecnología y el desarrollo industrial del país.

En 2007 con los PAE se financió la creación de dos redes: el Centro Interdisciplinario de Nanociencias y Nanotecnologías y la Red Nanotec (Nodo para el diseño, fabricación, y caracterización de micro y nanodispositivos para aplicaciones en el área espacial, la seguridad y la salud). En el año 2007 dentro de la CNEA se creó el Instituto de Nanociencias y Nanotecnologías (INN), que integró a los investigadores de esa institución que se encuentran en distintas áreas y programas, pero que tienen a su cargo proyectos de I+D en la nanoescala.

En 2008 el MINCYT definió a la Nanotecnología como una de las tres plataformas tecnológicas prioritarias del Ministerio. Y en 2009 el MINCYT difundió la primera publicación oficial en la que se describió el área, los actores principales, las instituciones del país, las patentes y los resultados de trabajos de prospectiva sobre la Nanotecnología: el BET Nanotecnología.

En 2010 se incrementaron notablemente los fondos destinados a la I+D en Nanotecnología, con la apertura de la convocatoria denominada FONARSEC NANO 2010 del Fondo Sectorial Argentino de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. Con ella se inició el financiamiento de proyectos productivos de

---

<sup>70</sup> López, Gerardo: Nanotecnología y aspectos socioambientales: de la formación a la acción. Seminario Nanotecnología y Sustentabilidad, Buenos Aires, octubre 30-31 del 2012

<sup>71</sup> Metallo, Omar: Prevención en Riesgos en tareas de Laboratorios de Investigación y Desarrollo: El desafío de la Nanotecnología. Primeras Jornadas Nanotecnología y Sustentabilidad: Nuevos desafíos regulatorios. Fundación Argentina de Nanotecnología, CABA, 30-31/10/2012

<sup>72</sup> Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM): Avances de la normalización técnica voluntaria a nivel nacional e internacional Primeras Jornadas Nanotecnologías y Sustentabilidad, CABA, 30-31 de octubre de 2012.

asociaciones público-privadas por montos de hasta 10 millones de dólares por proyecto; es decir un salto cuantitativo significativo en relación a los niveles previos de financiamiento de proyectos de I+D. Asimismo en 2010 se invitó a emprendedores en Micro y Nanotecnología a sumarse a un nuevo programa de incubación de empresas de la FAN. En 2012 se llamó a nuevamente a concurso del FONARSEC NANO 2012, en este caso para el desarrollo de nanoproductos en sistemas Roca-Fluido<sup>73</sup>.

En 2013 se anunció el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020”, que incluye a la Nanotecnología como una de las tres tecnologías de propósito general consideradas como prioritarias, por sus múltiples aplicaciones posibles en diversas áreas como industria y agroindustria, ambiente, energía, salud y tecnologías sociales<sup>74</sup>.

### Creación de la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN)

El Estado Nacional, ha manifestado pública y reiteradamente la necesidad de participar en el diseño de un programa para incentivar, sentar las bases y promover el desarrollo de infraestructura humana y técnica de la República Argentina para que, a través de actividades propias y asociadas, se alcancen condiciones que permitan competir internacionalmente en la aplicación y desarrollo de micro y nanotecnologías que aumenten el calor agregado de productos destinados al consumo interno y la exportación<sup>75</sup>. El Estado Nacional también ha entendido que la producción y exportación de productos de alta densidad tecnológica por parte de nuestro país redundará, asimismo, en la consecuente creación de puestos de trabajo mejor calificado y por ende, mejor remunerado.

En igual sentido se ha manifestado que el acceso a las capacidades tecnológicas de punta, como lo demuestra la experiencia internacional, debe ser impulsado y compartido tanto por el sector público como por el sector privado, permitiendo de esta forma los más variados y complejos desarrollos tecnológicos aplicados a la realidad en forma directa y específica y un continuo incremento de la productividad, contribuyendo a través de ello a la reducción de la pobreza y de las disparidades que hoy existen en la sociedad argentina.

En marzo de 2004 se realizó el Primer Taller Nacional sobre Nanociencias y Nanotecnologías (N+N) organizado por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, actualmente el respectivo Ministerio (MINCYT). En el mismo se formularon recomendaciones para el financiamiento de proyectos de N+N en el marco del Programa de Áreas de Vacancia (PAV) que se concretó en 2004 con la convocatoria para la financiación de la creación de 4 redes en el área de las Nanociencias. También en 2004 la comunidad científica acordó las bases para la elaboración de un plan

---

<sup>73</sup> En internet: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/frontend/agencia/post/556>

<sup>74</sup> MINCYT. Plan Nacional de CTI Bicentenario 2006-2010 y Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020”.

<sup>75</sup> Decreto 380/2005. Aplicación y desarrollo de Micro y Nanotecnologías. Boletín Oficial de la República Argentina. 27 de abril de 2005.

nacional de ciencia y tecnología, para el que se recomendó dar prioridad a la Nanotecnología, lo que se concretó en el Plan Nacional de CTI Bicentenario 2006-2010<sup>76</sup>.

Por lo manifestado en los párrafos precedentes, nuestro para nuestro país resultó conveniente la creación de una Fundación por parte del Estado Nacional para lograr los objetivos y fines enunciados, lo que permitiría al espectro de entidades privadas que deseen ligarse al sector participar en la misma, garantizando que esa entidad sea útil en la incorporación y transferencia de micro y nanotecnología al sector, como elemento clave en la búsqueda de competitividad.

En el año 2005 se creó la Fundación Argentina de Nanotecnología – FAN, cuyo objeto es sentar las bases y promover el desarrollo de infraestructura humana y técnica en la República Argentina para que, a través de las actividades propias y de asociadas, se alcancen las condiciones para competir internacionalmente en la aplicación y el desarrollo de micro y nanotecnologías que aumenten el valor agregado de productos destinados al consumo interno y a la exportación. LA FAN puede participar en estas actividades por sí misma o en forma conjunta y/o complementaria con el sector privado, con los diversos ministerios y organismos del sector público y con las instituciones públicas o mixtas en general y aquellas con competencia en las áreas de ciencia y tecnología en particular.

La FAN y es una entidad de derecho privado sin fines de lucro, creada por el Decreto PEN 380/2005. A partir del 10 de diciembre de 2007 se incorporó a la jurisdicción del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva. Su finalidad principal es fomentar la valorización de la producción industrial nacional mediante la incorporación de nanotecnologías que mejoren sus características o disminuyan su costo. Su principal financiamiento proviene del Presupuesto Nacional. En tal sentido, tiene la potestad de llevar a cabo las siguientes actividades<sup>77</sup>:

- 1) Construcción de laboratorios limpios y de diseño a efectos de desarrollar a niveles de calidad internacional dispositivos micro y nanotecnológicos.
- 2) Entrenamiento y capacitación de recursos humanos.
- 3) Investigación sobre el desarrollo de nano y micro dispositivos.
- 4) Desarrollo de micro y nanotecnologías.
- 5) Asesoramiento a instituciones públicas y privadas sobre el desarrollo y producción de micro y nanotecnología.
- 6) Desarrollo de mercados para la inserción de la industria nacional en los mercados nacionales e internacionales de micro y nanotecnología.

---

<sup>76</sup> MINCYT. Plan Nacional de CTI Bicentenario 2006-2010 y Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020”.

<sup>77</sup> En internet: <https://www.fan.org.ar/nosotros/#quienes>

En 2006 se concretó la primera convocatoria de la FAN para ideas proyecto de empresas, que en caso de ser aprobadas podrían acceder a un posterior financiamiento por parte de la FAN de entre el 50 y el 80% del total del presupuesto hasta un máximo 2 millones de dólares. Además en 2006 la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica abrió la convocatoria del Programa de Áreas Estratégicas (PAE) definidas en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2006-2011<sup>78</sup>.

#### Cooperación internacional y Nanotecnología.

En 2005 también se creó el Centro Argentino Brasileiro de Nanociencias y Nanotecnologías (CABNN) en el ámbito del MINCYT. Es un centro virtual que reúne a investigadores de Argentina y Brasil con el propósito de afianzar las relaciones y los intercambios bilaterales en N+N. Entre sus objetivos se encuentran: i) Promover el intercambio, la transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos la formación y capacitación de recursos humanos en ambos países; ii) 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 social para ambos países; iii) Elaborar trabajos 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; iv) Estudiar los aspectos relativos a patentes y propiedad intelectual e industrial en la comercialización de productos y procesos nanotecnológicos<sup>79</sup>.

En 2011 se inició el Proyecto de Cooperación Argentina-UE para fortalecer la competitividad de las PYMES mediante el uso de la Nanotecnología. Este proyecto está orientado a impulsar el desarrollo y consolidación de la Nanotecnología como campo de generación de conocimientos y tecnologías para el desarrollo nacional, mediante el abastecimiento de instrumental adecuado, la formación de recursos humanos y el apoyo a proyectos de innovación<sup>80</sup>.

#### **4.7. ASPECTOS ADICIONALES DE RELEVANCIA PARA EL DESARROLLO DE LA NANOTECNOLOGÍA.**

La institución de mayor importancia en relación a los temas referidos a las N+N, es el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCYT), que opera a través de medidas de fomento generales y de acciones para fortalecer los sistemas de seguridad de los laboratorios de I+D, que incluyen a los laboratorios que trabajan con las N+N. El MINCYT orienta la ciencia, la tecnología y la innovación hacia el fortalecimiento de un nuevo modelo productivo que genere mayor inclusión social y

<sup>78</sup> En internet: <http://www.agencia.mincyt.gob.ar/frontend/agencia/post/556>

<sup>79</sup> En internet: <http://www.mincyt.gob.ar/accion/cabnn-centro-argentino-brasileno-de-nanociencias-y-nanotecnologia-6453>

<sup>80</sup> En internet: <http://www.nanopymes.mincyt.gob.ar/>

mejore la competitividad de la economía argentina. La ANPCyT es un organismo nacional dependiente del MINCYT, dedicado a financiar proyectos de I+D+I, de la que depende una Unidad de Gestión Socio Ambiental (UGSA), que examina las consecuencias sociales y ambientales de los proyectos<sup>81</sup>.

Participan también en las problemáticas de seguridad fomentadas por el MINCYT, la Secretaría de Articulación Científico Tecnológica con el Programa de Acreditación de Laboratorios (PAL) y el Programa Complementario de Seguridad e Higiene en Laboratorios de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología (SHL). Sus objetivos son apoyar, en forma complementaria, los programas de prevención y optimización de las condiciones de seguridad e higiene en los laboratorios de Universidades y Organismos Nacionales de Ciencia y Tecnología. Es importante en este terreno la vigilancia del cumplimiento de las normativas sobre disposición final de materiales, y vigilar que la documentación legal sea protectora para universidades e instituciones de investigación.

Como ya hemos mencionado, en el ámbito de influencia del MINCYT se desenvuelve la Fundación Argentina de Nanotecnología, entidad muy dinámica en la atención de las distintas problemáticas que involucra el desarrollo de las N+N. Entre sus acciones de fomento se destacan los seminarios públicos sobre seguridad de las N+N, el asesoramiento a agencias de regulación, la difusión de las ventajas y oportunidades de las N+N para sectores industriales, la producción de información sistematizada y sistemas de financiamiento de proyectos de innovación para emprendedores nanotecnológicos. También está presente el Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología (CECTE), que se ocupa de los temas éticos vinculados con la I+D+i en N+N. El CECTE trabaja en la elaboración de un Código de Conducta para la investigación responsable en N+N, a fin de prevenir riesgos y mitigar temores sociales, en asociación con Brasil, e instituciones del país han participado del proyecto NANOCODE de la UE<sup>82</sup>.

Los Laboratorios y Grupos de I+D+i que trabajan en N+N están asentados en numerosas entidades del país, en particular en universidades nacionales y privadas e institutos nacionales de investigación, lo que determina una pluralidad de actores, de distintas dependencias institucionales. Los Laboratorios funcionan y el personal de I+D desarrolla sus actividades bajo distintas situaciones regulatorias. En términos generales deben cumplir con requisitos fijados por las autoridades públicas que regulan los temas laborales y ambientales y con requisitos fijados por su ámbito de dependencia institucional (radiológicas, acreditación de calidad, etc.). El principal actor público que vertebra estos actores es el MINCYT, a través de la Comisión Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT). Los subsidios de la ANPCyT, la vigilancia de la UGSA y los programas de apoyo al desarrollo de la seguridad de los laboratorios, consolidan estas actividades.

#### **4.9. CONCLUSIONES SOBRE LA NORMALIZACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA**

---

<sup>81</sup> Watal, A. y Faunce, T.: Patentar la Nanotecnología: Análisis de sus complejidades, abril de 2011. En: <http://www.OMPI.org>

<sup>82</sup> En internet: Fundación Argentina de Nanotecnología: [www.fan.org.ar](http://www.fan.org.ar)

Se ha destacado la importancia del tema de las N+N en el espacio de normalización y metrología. La normalización tiene por objeto establecer disposiciones destinadas a usos comunes repetidos, con el propósito de obtener un nivel de ordenamiento óptimo.

En el escenario internacional, la normalización de las N+N es un escenario de disputas técnicas y políticas entre distintos países y bloques (China, EEUU, UE) que buscan adquirir posiciones de liderazgo en la carrera tecnológica. La velocidad del desarrollo innovativo, obliga a todos los países a un esfuerzo incesante, tratando de no perder las posiciones alcanzadas y buscando no arriesgar sus posibilidades futuras<sup>83</sup>.

Como se ha mencionado, a nivel internacional los países y regiones se han orientado hacia la adopción de parámetros en los cuales la industria ejerce su propia regulación, utilizando principalmente esquemas de información y códigos de conducta. Tal es el sentido a nivel mundial del proyectos REACH y NanoReg en la CE; la ley para el Control de Sustancias Tóxicas, la normativa SNUR y la calificación GRAS en USA; como así también las distintas iniciativas de códigos privados de las normas BSI, ANSI e ISO. En Latinoamérica, México y Brasil son los países que llevan la delantera en la elaboración de propuestas de regulación.

En Argentina las normas técnicas son elaboradas y emitidas por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), una asociación civil sin fines de lucro fundada por representantes de diversos sectores de la economía, del Gobierno y de las instituciones científico-técnicas. IRAM es reconocido como Organismo Nacional de Normalización por sucesivas legislaciones nacionales y es el representante argentino ante organizaciones regionales de normalización y ante la International Organization for Standardization (ISO).

Por su parte los aspectos metrológicos, fundamentales para la aplicación de las normas técnicas, están a cargo del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), que es un organismo descentralizado del Ministerio de Industria, que tiene el rol de Instituto Nacional de Metrología. Este Instituto es reconocido como el organismo nacional mejor equipado y de mayor capacidad para proponer reglamentos, las formas de aprobar los instrumentos y organizar el control periódico del correcto funcionamiento de las mediciones. El Plan de Metrología Científica del INTI plantea la necesidad de desarrollar una metrología para la I+D+i, que incluye las tecnologías transversales, como es el caso de las N+N.

En la Argentina tanto la ANPCYT como la FAN han llevado a cabo una prolífica labor en la promoción del desarrollo de la nanotecnología, aportando fondos y propiciando la generación de propuestas para el desarrollo de marco regulatorios. No debe sorprendernos pues que sea desde el Estado de donde hayan surgido las principales líneas de acción tendientes a la innovación productiva de la mano de la nanotecnología.

---

<sup>83</sup> Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM): Avances de la normalización técnica voluntaria a nivel nacional e internacional Primeras Jornadas Nanotecnologías y Sustentabilidad, CABA, 30-31 de octubre de 2012.

## **5. LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA PETROLERA – PROSPECTIVA PARA YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES.**

Como se ha dicho anteriormente, la aplicación de la nanotecnología en la industria del petróleo no es algo completamente nuevo, ya que se han utilizado nanopartículas con éxito en los lodos de perforación durante los últimos 50 años. En los últimos años las demás áreas clave de la industria del petróleo (tales como la exploración, producción primaria y asistida, monitoreo, refinación y distribución) se han acercado a las nanotecnologías viéndolas como una potencial piedra filosofal para afrontar temas críticos relacionados con ubicaciones remotas (como aguas ultraprofundas y ambientes árticos), condiciones extremas (formaciones de alta temperatura y alta presión) y sobre todo, los reservorios de no convencionales<sup>84</sup>.

En nuestro país se ha declarado de interés público nacional y como objetivo prioritario de la República Argentina el logro del autoabastecimiento de hidrocarburos, así como la exploración, explotación, industrialización, transporte y comercialización de hidrocarburos, a fin de garantizar el desarrollo económico con equidad social, la creación de empleo, el incremento de la competitividad de los diversos sectores económicos y el crecimiento equitativo y sustentable de las provincias y regiones.

Asimismo, es destacable que entre los principios de la “política hidrocarburífica” se menciona la incorporación de nuevas tecnologías y la mejora de la gestión. En cuanto a la incorporación de nuevas tecnologías, puede afirmarse que el capital humano de YPF tiene la experiencia y la base de conocimiento suficiente (siendo pioneros en la perforación de pozos horizontales y están habituados a la fractura hidráulica simple) como para incorporarlas prontamente, incluso capacitándose a esos efectos en el exterior, en especial en exploración y explotación en aguas marinas.

Se ha dicho respecto de los instrumentos de promoción contenidos en la mencionada Nueva Ley de Hidrocarburos, N° 27.007, que pone en evidencia el deseo de atraer inversores privados extranjeros esencialmente para explotar los reservorios no convencionales.

No cabe duda que el país dispone de conocimiento de gran parte de estas nuevas tecnologías y no parece conveniente arriesgarse a ser exportadores de una nueva materia prima y no se ve la necesidad de otorgar concesiones a privados extranjeros

### **5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA PRESENTES EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO**

---

<sup>84</sup> Cocuzza Matteo, Pirri Candido, Rocca Vera y Verga Francesca: Current and Future Nanotech Applications in the Oil Industry. American Journal of Applied Sciences, 2012. pag.784-793. 2012

En la actualidad, el objetivo general es cerrar la brecha entre la industria del petróleo y de la comunidad de la nanotecnología. Al respecto, puede notarse creciente número de eventos sociales y técnicos relacionados tales como talleres dedicados a los técnicos de la Sociedad de Ingenieros en Petróleo<sup>85</sup>, comunidades web especializadas (como por ejemplo, la red Nano-E&P<sup>86</sup>) y, sobre todo, por los proyectos de investigación surgidos de la colaboración entre las principales compañías petroleras y los institutos de investigación académicos o de excelencia.

En 2008, se constituyó en los EE.UU. el Consorcio de Energía Avanzada (AEC por su sigla en inglés)<sup>87</sup> con el propósito de explorar el potencial de la nanotecnología, en cooperación con la mayoría de las grandes compañías petroleras y de servicios, tales como BP, Conoco Phillips, Shell, Total y Schlumberger. A este consorcio, que cuenta con un presupuesto anual de varios miles de millones de dólares, se le dio la tarea de explotar las nanotecnologías para mejorar la producción de petróleo y gas. El objetivo principal es el desarrollo de micro y nanosensores para el subsuelo que podrían ser inyectados en los pozos de petróleo y gas a través de los taladros<sup>88</sup>.

Un gran número de investigadores también se centran en la identificación de las potencialidades de la nanotecnología aplicada a técnicas de recuperación mejorada de petróleo (Enhanced Oil Recovery – EOR – en inglés). En tal sentido la Universidad de Oklahoma, apoyada por el AEC, ya ha publicado resultados sobre nanotubos de carbón de membrana simple / nanohíbridos de sílice, activos en la interfaz del fluido y por lo tanto potencialmente adecuados para EOR. Estas partículas representan materiales muy prometedores: si se entrega en la interfaz O/W, reaccionarían con y modificarían las propiedades de petróleo para incrementar la movilización del petróleo.

La industria del petróleo también está empezando a desempeñar un papel activo en la cooperación entre el sector privado (especialmente industrias médica y aeroespacial) y el sector público (como el Departamento de Defensa de EEUU o la NASA), en el apoyo a las empresas de tecnología en fase inicial durante el desarrollo y la adaptación de materiales innovadores y nanotecnología de revestimiento y recubrimiento. Por ejemplo, la investigación sobre nanotubos llevada a cabo por NanoRidge<sup>89</sup> ha recibido financiamiento por parte de grandes corporaciones del petróleo y de la industria aeroespacial (un mercado clave para materiales de mayor rendimiento). Por el momento, la investigación consiste en analizar los posibles beneficios derivados de la aplicación de nanomateriales, nanofluidos y nanomembranas a la industria petrolera.

---

<sup>85</sup> En internet: <http://www.spe.org/events/14alo2/pages/about/>

<sup>86</sup> En internet: <http://www.nanowerk.com/news2/newsid=26458.php>

<sup>87</sup> En internet: <http://www.beg.utexas.edu/aec/>

<sup>88</sup> Kong, X. and M.M. Ohadi, 2010. Applications of micro and nano technologies in the oil and gas industry - overview of the recent progress. Proceedings of the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition Conference, Nov. 1-4, Abu Dhabi, UAE, pp: 1-4. DOI: 10.2118/138241-MS

<sup>89</sup> En internet: [http://static1.squarespace.com/static/5523eb91e4b05f384d0ca971/t/55282470e4b0cc22a861d77b/1428694128686/JCM97\\_Feature\\_Nanoridge%2803%29.pdf](http://static1.squarespace.com/static/5523eb91e4b05f384d0ca971/t/55282470e4b0cc22a861d77b/1428694128686/JCM97_Feature_Nanoridge%2803%29.pdf)

## 6.2. AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN Y APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN SECTORES CLAVE DE PETRÓLEO Y GAS: SENSORES, RESVESTIMIENTOS, NANOFLUIDOS Y NANOMATERIALES.

De acuerdo con Krishnamurti<sup>90</sup>, los nanomateriales son excelentes herramientas para el desarrollo de sensores y agentes de formación de imágenes de contraste debido a las alteraciones significativas en su ópticos, magnéticos y debido a sus propiedades eléctricas (en comparación con sus análogos, a granel). Estos nanomateriales, cuando se combinan con fluidos inteligentes, se puede utilizar como sensores de fondo de pozo extremadamente sensibles para medir temperatura, presión y estrés incluso en condiciones extremas. Los nanorobots son la última evolución en dispositivos de prospección, que prometen proporcionar una eficaz mapeo de los yacimientos. No obstante, hoy en día los nano-robots siguen siendo un sueño compartido entre los sectores de la medicina y del petróleo. Pero los avances en la “miniaturización” de los biosensores se producen rápidamente y existen numerosas investigaciones teóricas y experimentales sobre el flujo de fluidos de fase múltiple que contienen nanopartículas en medios porosos, que enriquecen considerablemente la literatura técnica al respecto<sup>91</sup>.

Una labor importante está en marcha hacia la transición de los recubrimientos de polímeros inteligentes o multifuncionales, transformándolos de curiosidades de laboratorio hacia la identificación de sus aplicaciones comerciales. Los llamados “recubrimientos inteligentes” pueden combinar el aspecto de protección con funciones de sensor o funciones activas, con capacidades para responder a los estímulos mecánicos mediante el desarrollo de señales legibles física y químicamente. Los nanomateriales serán utilizados no sólo como materiales funcionales avanzados, sino también como parte integral de estructuras completas e inteligentes, compuestas de varios elementos incluyendo sensores, activos y dispositivos de control.

Algunos de los principales desafíos en las áreas de investigación más avanzados son la comprensión del mecanismo de protección de la corrosión impartida por polímeros conductores y el avance de los micro y nanoencapsulados; como un medio para impartir “auto-curación”<sup>92</sup>. Sin embargo, algunas aplicaciones innovadoras parecen estar listas para su comercialización en un futuro muy cercano, tal como un revestimiento utilizando nanotubos de carbono para conducir corrientes para calentar de manera uniforme la superficie, que podría ser utilizado en tuberías para reducir la formación de hidratos de gas o para deshielo de las palas en turbinas de viento<sup>93</sup>. Otra solución innovadora en materiales resistentes a la corrosión, pueden ser las películas delgadas nanométricas y los materiales compuestos nanoestructurados con rellenos. Superando el aspecto económico, que no es muy favorable, los materiales resistentes

---

<sup>90</sup> Krishnamoorti, R., 2006. “Extracting the benefits of nantechnology for the oil industry”. J. Petroleum Technology.

<sup>91</sup> Ryoo, S., R.A. Rahmani, Y.K. Yoon, M. Prodanović and C. Kotsmar et al., 2010. Theoretical and experimental investigation of the motion of multiphase fluids containing paramagnetic nanoparticles in porous media. Proceedings of the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Sep. 19-22, Florence, Italy, pp: 19-22.

<sup>92</sup> Boura, S.H., M. Samadzadeh, M. Peikari and A. Ashrafi, 2010. Smart and multi-functional coatings based on Micro/Nano sized additives and their implementation. Proceedings of the SPE International Conference on Oilfield Corrosion, Aberdeen, United Kingdom, pp: 24-25.

<sup>93</sup> Rassenfoss, S., 2011. Nanotechnology for sale: The onctheoretical becomes practical. J. Petroleum Technol.

a la corrosión son sin duda un éxito del futuro cercano de las aplicaciones basadas en la nanotecnología, básicamente debido a la combinación de varias condiciones: un riesgo relativamente bajo, alta eficacia y baja complejidad, sondas resistentes al desgaste, entre otros. Lo mismo se aplica a los inhibidores de la corrosión de nanocapas en las tuberías o tanques, que actúan a través de la creación de una capa molecular permanente en la superficie de los metales, lo que elimina o dificulta la corrosión.

Los denominados nanofluidos y nanomateriales para la perforación y terminación, en los sectores de perforación y terminación, son otra dos ramas en la explotación petrolera, donde los beneficios de la aplicación de nanomateriales nanofluidos y ya son tangibles<sup>94</sup>.

La nanotecnología ha abierto la puerta al desarrollo de una nueva generación de fluidos definidos como “fluidos inteligentes” para la perforación, producción y para aplicaciones relacionadas con la estimulación. Gracias a la excepcional relación de superficie y volumen, los nanofluidos y aditivos a base de nano demuestran una importante interacción con el medio ambiente, incluso a concentraciones muy bajas. Estos fluidos inteligentes mejorarán aún más la perforación mediante la incorporación de beneficios tales como la alteración de la humedad y la reducción avanzada de arrastre y consolidación de arena<sup>95</sup>. Un laboratorio especializado de petróleo ha desarrollado un fluido mezclado con partículas de tamaño nanométrico y polvo superfino de avanzada que mejora significativamente la velocidad de perforación y puede eliminar el daño de formación en la zona cercana al pozo<sup>96</sup>.

Otra técnica importante en el desarrollo de materiales súper duros es el uso de materiales nanoestructurados dispersos endurecidos<sup>97</sup>. Existe literatura especializada respecto de la superioridad de las propiedades físico-mecánicas de los nanocompuestos de diamante policristalino, nanocompuestos de nitruro de boro<sup>98</sup>, y nanocompuestos de diamante, respecto de sus alternativas tradicionales<sup>99</sup>.

Una primera generación de aplicaciones de nanotecnología para la mejora de la fracturación hidráulica ha sido introducida por Baker Hughes, a través de sus compuestos metálicos nanoestructurados, que combinan magnesio, aluminio y otras aleaciones, que ofrecen tanto la fuerza en peso más bajo como la capacidad de disolverse bajo ciertas condiciones.

En cuanto a las nanomembranas, inspirado por el éxito de las zeolitas, que son materiales capaces de separar los gases pequeños tal como oxígeno y nitrógeno, una nueva generación de gran escala, de peso ligero y robustas nanomembranas está

---

<sup>94</sup> Wasan, D.T and A.D. Nikolov, 2003. Spreading of nanofluids on solids. *Nature*, 423: 156-159.

<sup>95</sup> Chaudhury, M.K., 2003. Complex fluids: Spread the word about nanofluids. *Nature*, 423: 131-132

<sup>96</sup> Esmaili, A., 2009. Applications of nanotechnology in oil and gas industry. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Methods and Models in Science and Technology*, Nov. 19-20, AIP, Jaipur, India pp: 133-136.

<sup>97</sup> Terranova, M.L., S. Piccirillo, V. Sessa, M. Rossi and S. Botti, 1999. Microstructure and properties of nanocomposite diamond films obtained by a new CVD-based technique. *J. Phys. IV France*, 9: 365-371.

<sup>98</sup> Dubrovinskaia, N., V.L. Solozhenko, N. Miyajima, V. Dmitriev and O.O. Kurakevych *et al.*, 2007. Superhard nanocomposite of dense polymorphs of boron nitride: Noncarbon material has reached diamond hardness. *Applied Phys*

<sup>99</sup> Jain, M., 2001. Processing of functionally graded WC/Co/diamond nanocomposites. *Scripta Mater.*, 44: 8-9.

siendo desarrollada. Estas nanomembranas mejorarán significativamente la explotación de tight gas al proporcionar métodos más eficientes para la eliminación de impurezas y la separación de las corrientes de gases. Mediante la explotación de los métodos comunes en la industria de la microelectrónica, el coste de fabricación de las membranas altamente uniformes y reproducibles ha resultado altamente competitivo<sup>100</sup>.

### 5.3. APLICACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA PARA EL MONITOREO DE YACIMIENTOS

El sector del petróleo y el médico comparten el mismo sueño: nanosensores capaces de proporcionar acción directa (in situ) e información fiable sobre el sistema bajo análisis. Hoy en día, esto representa uno de los más complicados y transversales desafíos que afronta la industria del petróleo, ya que requiere importantes mejoras técnicas en muchas disciplinas diferentes. De hecho, la explotación de los nanosensores inyectados en el depósito debe aún superar los siguientes requisitos tecnológicos: colocación y recuperación, protección en ambientes hostiles (a través de una adecuada capa o recubrimiento), ubicación en sensores 3-D, de alimentación, almacenamiento y recuperación de datos, entre otros. El dispositivo actual más avanzado a nivel comercial que encarna la idea del "submarino miniaturizado" es la cápsula ingerible, desarrollada con fines médicos<sup>101</sup>. Es un microsistema a base de electrónica que puede ser ingerido para explorar el tracto gastrointestinal y transmitir la información adquirida a una estación base. Es un sistema completo, con sensores que convierten propiedades físicas tales como la luz, presión o temperatura en señales eléctricas, mientras que los actuadores realizan la función opuesta.

El bloque de acondicionamiento de señal proporciona un procesamiento analógico, como la amplificación y filtrado para "limpiar" la señal detectada. El cerebro del sistema, la CPU, digitaliza la señal y podría llevar a cabo adicional tratamiento de la misma. El bloque de comunicación puede transmitir la señal a un módulo receptor fuera del cuerpo. Los medios de comunicación pueden ser R.F., un campo magnético (acoplamiento inductivo), o ultrasonido. Por último, el poder de suministro, en base a pilas o con acoplamiento inductivo, proporciona la energía para el sistema. Desafortunadamente, la tecnología existente no puede ser transferida directamente a la industria del petróleo debido a que la misma no está lista para resolver problemas tales como la ubicación en 3-D de los sensores. Pero por sobre todo, la cápsula ingerible es de varios milímetros de ancho y de largo, por tanto, absolutamente no es compatible con las dimensiones de los poros de la garganta de las rocas del yacimiento. Esto confirma que la investigación directa y la supervisión de los embalses con instrumentos miniaturizados sigue siendo una tarea a largo plazo.

La siguiente mejora deben ser los clusters de los nanosensores o nanosensores de localización. Al respecto, las propiedades eléctricas, ópticas y magnéticas especiales de

---

<sup>100</sup> Krishnamoorti: op. cit.

<sup>101</sup> Johannessen, E.A., L. Wang, L. Cui, T.B. Tang and M. Ahmadian *et al.*, 2004. Implementation of multichannel sensors for remote biomedical measurements in a Microsystems format. *IEEE Tran. Biomed. Eng.*, 51: 525-535.

nano-materiales los hacen sumamente adecuados para utilizarlos como sensores inyectados y agentes de contraste. Algunas posibles aplicaciones y esquemas de explotación se encuentran actualmente en estudio, con nanodispositivos inyectados en un depósito<sup>102</sup>. Además, a través de una funcionalización adecuada de la superficie, las nanopartículas pueden segregarse si se lo desea en diferentes partes de fluido, proporcionando así una mayor caracterización del depósito y, como consecuencia, resultaría una recuperación de petróleo mejorada. Gracias a sus pequeñas dimensiones, una mayor área de alcance y una alta movilidad, el uso de tales nanopartículas es muy prometedor.

Varios materiales y soluciones innovadoras podrían apoyar el desarrollo de nanosensores. Por ejemplo, en lo que se refiere a andamios, materiales de construcción orgánicos (por ejemplo, proteínas, polinucleótidos) son muy buenos en el auto-ensamblaje, en cuanto las máquinas moleculares de rendimiento más fiable y de alto se pueden construir a partir de materiales diamantes, las sustancias más fuertes conocidos. La construcción de diamantes nano-robots requerirá tanto paralelismo masivo en los procesos de fabricación y montaje moleculares y ensamblaje posicional programable, como la fabricación precisa de las estructuras moleculares de diamante usando materia prima molecular<sup>103</sup>.

Otra innovación en el medio son los nano-filtros de agua, que tienen que ser especialmente diseñados tanto para garantizar gargantas de poros uniformes como la capacidad de recuperación de decenas de miles de millones de toneladas de petróleo. Este aspecto también es muy importante, ya que la capacidad de flujo de los filtros biomédicos actualmente empleados no sería adecuado para este propósito. Para proporcionar una evidencia del impacto de un avance tan nanotecnológico, se debe considerar que las rocas del yacimiento de la formación Bazhenov (los principales yacimientos de hidrocarburos en Rusia) se caracterizan por un radio medio de poros de 1 a 10 nm, que es comparable con tamaños moleculares<sup>104</sup>.

#### **5.4. INCENTIVOS ESTATALES PARA QUE LAS EMPRESAS INVIERTAN EN TECNOLOGÍA: EL CASO DE PERÚ.**

En Perú, el Congreso Nacional aprobó una propuesta del Ejecutivo que incrementa los incentivos tributarios que se otorgan a las empresas que inviertan en investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica (I+D+i), mediante la que se permitirá que las empresas que invierten en I+D+i puedan deducir esos gastos hasta en un 175%, superando el actual 100% permitido, para el cálculo del Impuesto a la Renta (IR)<sup>105</sup>.

---

<sup>102</sup> Esmaeili, A., Op. Cit.

<sup>103</sup> Peng, J., R.A. Freitas and R.C. Merkle, 2004. Theoretical analysis of diamond mechanosynthesis. Part I. stability of C2 mediated growth of nanocrystalline diamond C(110) surface. *J.Comput. Theoretical Nanosci.*, 1: 62-70.

<sup>104</sup> Yu, J., M.J. Berlin, W. Lu, L. Zhang and T.A. Kan *et al.*, 2010. Transport study of nanoparticles for oilfield application. Proceedings of the SPE International Conference on Oilfield Scale, May 26-27, Aberdeen, UK

<sup>105</sup> En internet: <http://laprensa.peru.com/tecnologia-ciencia/noticia-inversion-ciencia-tecnologia-incentivos-tributarios-empresas-concytec-39815>

Esto se da en el caso de que los proyectos sean desarrollados directamente por la empresa o mediante centros de investigación científica, de desarrollo tecnológico o de innovación tecnológica domiciliados en el país. El incentivo llega al 150% si es que se trabaja con centros de I+D+i extranjeros.

La iniciativa contempla además que la empresa tiene derecho a una deducción adicional de 75% o 50% si cumple con requisitos como que los proyectos de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación tecnológica tengan tal calificación. Además, el proyecto debe ser realizado directamente por la empresa o mediante centros de investigación y contar con investigadores o especialistas que estén inscritos en el Directorio Nacional de Investigadores e Innovadores (DINA) que gestiona el Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Este mecanismo resulta de utilidad para que las empresas peruanas, de la mano con la ciencia, tecnología e innovación tecnológica, sean más competitivas, productivas y diversificadas.

## **5.5. CONCLUSIONES SOBRE LA APLICACIÓN DE NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DEL PETRÓLEO**

El futuro de la nanotecnología parece ser brillante. Sin embargo, se debe considerar el habitual marco de tiempo para la investigación y el tipo de inversión a largo plazo para la orientación del negocio correctamente.

El objetivo general al que deberá apuntarse es a reducir la brecha entre la industria del petróleo y el mundo de la nanotecnología. Esto puede llevarse a cabo a través de distintas iniciativas: consorcios entre petroleros, empresas de servicios y centros de excelencia en nanotecnología; el desarrollo de redes de contacto de profesionales (las llamadas “networking communities”), e incluso el desarrollo de unidades de investigación dentro de empresas petroleras. Resulta sorprendente que, no obstante haberse llevado a cabo un intenso debate en la comunidad científica, ninguna investigación sustancial sobre estos temas se está realizando actualmente en torno el mundo de la industria petrolera. Una actitud muy diferente se demuestra por otras industrias, como por ejemplo salud y aeroespacial, con avances excepcionales. Esto en parte se debe a las áreas estratégicas que han fijado como objetivo para desarrollar en nuestro país los principales organismos de financiamiento: la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN), el Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (MINCYT). Además, no debe desconocerse que la Argentina se ha caracterizado históricamente por la alta calificación de sus recursos humanos dedicados a la investigación científica, pero también por los escasos puntos de contacto con las industrias más importantes, como por ejemplo, la industria del petróleo<sup>106</sup>.

---

<sup>106</sup> En internet: <http://www.unsam.edu.ar/tss/nanopymes-el-potencial-de-lo-pequeno/>

Los beneficios que la nanotecnología puede ofrecer a la industria del petróleo son potencialmente enormes. Como se ha dicho, algunas aplicaciones de la nanotecnología ya están a disposición del mercado, mientras otros podrían provenir de la transposición de las soluciones desarrolladas para la biomédica, la automoción, el sector aeroespacial, e incluso el sector textil, donde grandes avances se han producido gracias a la nanotecnología y la química. La perforación de pozos, fracturación y cementación, así como las membranas de nueva generación para la separación de gases ya pueden contar con soluciones de nanotecnología. Otras tecnologías requieren más elaboración antes de su uso directo.

Actualmente, se están realizando esfuerzos pertinentes para diseñar nanosensores para la caracterización de yacimientos y el seguimiento y para producir nanopartículas de fluidos para mejorar los procesos de recuperación de petróleo enriquecido. Resultados muy prometedores han sido obtenidos a partir de experimentos de laboratorio, pruebas de campo, pero son todavía muy limitadas.

## **6. CASOS DE ÉXITO – EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA QUE APLICAN MICRO Y NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA DE LOS NO CONVENCIONALES.**

A continuación, se detallarán dos casos de éxitos de empresas de base tecnológica que aplican micro y nanotecnología en la industria de los hidrocarburos no convencionales.

Estos casos demuestran lo exitoso de una política integral de innovación productiva basada en la disposición simultánea de: i. acceso a infraestructura tecnológica adecuada para la generación de innovaciones productivas, en este caso viabilizado mediante la compra y donación de 13 equipos MNT a laboratorios beneficiarios que brindarán servicios tecnológicos a las PYMES MNT; ii. acceso a capacitación y asistencia técnica –en este caso brindada por parte de centros de alta excelencia en MNT de la Unión Europea-, con énfasis en la transferencia del conocimiento específico (tácito) imprescindible para viabilizar las innovaciones productivas; iii. acceso a financiamiento de riesgo para el desarrollo de innovaciones productivas, especialmente a través de sus primeras fases de implementación, bien conocidas en la literatura y experiencia comparada como el “valle de la muerte”<sup>107</sup>.

### **6.1. YTEC**

Y-TEC es una empresa de tecnología creada en 2013 por YPF y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) cuya misión es brindar soluciones tecnológicas al sector energético y formar especialistas para el desarrollo de la industria hidrocarburífera nacional. La participación accionaria en Y-TEC se conforma en un 51% de YPF y 49% de CONICET. Con 140 profesionales ya incorporados y más de

---

<sup>107</sup> INFORME FINAL - Asistencia Técnica para el programa de fortalecimiento de la competitividad de las PYME y creación de empleo en Argentina. Buenos Aires, 30.11.2015

100 colaborando en sus proyectos en forma indirecta desde otras instituciones, YTEC se encuentra en plena expansión y consolidación de sus capacidades de investigación y desarrollo<sup>108</sup>.

Si bien Y-TEC tendrá como uno de sus objetivos prioritarios generar y aportar conocimientos para la rápida y eficiente explotación de los yacimientos no convencionales que posee el país, trabajará también en la generación de tecnologías para obtener una mayor producción en yacimientos maduros (upstream), para la optimización de procesos petroquímicos y generación de nuevos subproductos (downstream), y para el desarrollo de distintas energías renovables.

En el marco de la promoción de iniciativas públicas y privadas, Y-TEC lanzó el Primer Concurso Nacional de Nuevas Ideas: Premio YPF a la Tecnología Aplicada. El certamen tuvo como objetivo premiar a las pequeñas y medianas empresas cuyas ideas brinden excelencia y eficiencia tecnológica<sup>109</sup>.

Luego de recibir más de 60 nuevos proyectos, la empresa eligió las tres propuestas ganadoras presentadas por Néstor Ienciella de la compañía Hidraulik SRL; Juan Martín Semegone y Luciano Antonio Rizzuto de Arsultra SA; y Marcelo Cabezas del Departamento de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables (DIDER) y el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, dependiente del Ministerio de Defensa (CITEDEF). Estos proyectos se pondrán en marcha con el cofinanciamiento de las compañías ganadoras e Y-TEC. Las mismas, brindan un aporte significativo para alcanzar, entre otras metas, la sustitución, con calidad, de las importaciones de productos y servicios<sup>110</sup>.

La primera idea ganadora consiste en un motor hidráulico para los aparatos individuales de bombeo (AIB), que fue presentada por Hidraulik SRL. Este equipo permitirá no solamente tener un bombeo más eficiente sino también renovar muchos de estos equipos de bombeo. El segundo proyecto, presentado por ARSULTRA SA, consiste en un nuevo sistema de detección de corrosión/espesor para tubos, que ayudará a controlar y reducir la corrosión en las actividades del Upstream y el Downstream. Por último, los equipos de las entidades DIDER y CITEDEF presentaron un panel solar fotovoltaico y térmico para zonas aisladas, que posibilitará producir mucha más energía con la misma superficie y abastecer lugares lejanos.

Bernard Gremillet, Chief Technology Officer (CTO) y vicepresidente de Y-TEC, destacó la importancia de esta iniciativa: “Es la primera vez que Y-TEC lleva a cabo un proyecto de este tipo. Nuestra meta fue poder motivar a las pequeñas y medianas empresas de la Argentina para que se sumen a este proyecto de eficiencia tecnológica, calidad y que impulsa la sustitución de importaciones”.

Además, destacó que la respuesta que obtuvieron de la industria hidrocarburífera “fue muy positiva, con ánimo de superarse y cooperar con el desarrollo del país y de YPF”.

---

<sup>108</sup> En internet: <https://y-tec.com.ar/Paginas/index.html>

Marcelo Cabezas (DIDER y CITEDEF) afirmó que “fue un orgullo para nosotros ser elegidos en el marco de un concurso nacional, convocado por Y-TEC, donde competieron muchas empresas con gran capacidad para generar ideas y proyectos de gran valor. Por otra parte, me siento feliz por el interés de los expertos de Y-TEC en la idea que fue dirigida principalmente a atender necesidades de muchos argentinos que viven alejados de los centros urbanos”.

Por su parte, Juan Martín Semegone (Arsultra SA) afirmó que el reconocimiento “presenta una posibilidad de largo plazo muy importante y una oportunidad para que podamos desarrollar este tipo de tecnología, primero a nivel de prototipo y luego a nivel de producto en Argentina”.

A su vez, Néstor Ienciella (Hidraulik SRL) dijo que “nos llenó de orgullo que se haya comprendido nuestra idea. Presentamos un proyecto tecnológicamente ambicioso y novedoso, pero con la particularidad de ser muy amigable al Know How de mantenimiento. Además agregó que “este proyecto nos abre las puertas a un mercado, que hasta ahora no poseíamos, con un desarrollo novedoso, que no existía hasta el momento, y que, nos permitirá en forma conjunta con YPF e Y-TEC exportar una nueva tecnología de extracción”.

En total se obtuvieron 62 ideas vinculadas con las áreas de producción; materiales; hidrocarburos no convencionales; sísmica; energías renovables; TI y comunicaciones; Upstream y Downstream. Una comisión integrada por expertos de Y-TEC evaluó cada uno de los proyectos de los cuales se preseleccionaron diez. Las siete ideas restantes que obtuvieron una mención especial corresponden a Link Chemical SA, MASSNEGOCIOS, Ionar SA, GeoNodos y Petronova.

## **6.2. ARSULTRA**

Arsultra S.A. es una empresa tecnológica con una fuerte impronta en I+D+i, destinada a ofrecer servicios y productos a los sectores exigentes como el industrial y aeroespacial, donde coexisten elevados requerimientos, procesos críticos y ambientes hostiles, como así también la más alta tecnología para alcanzar sistemas confiables, seguros y robustos. Se trata de una empresa argentina formada por un equipo interdisciplinario de profesionales, dedicada a ofrecer sistemas de hardware, software, diseños estructurales de equipos y soluciones tecnológicas para la industria de ambientes críticos (como la aeroespacial) y para sectores que necesitan operar en ambientes de salas limpias<sup>111</sup>.

La empresa ofrece desarrollos de tecnología para todo el ciclo de vida del producto, desde la etapa inicial de formulación de requerimientos, pasando por el diseño y simulaciones, hasta la entrega final llave en mano y el posterior asesoramiento técnico.

---

<sup>111</sup> En internet: <http://www.arsultra.com/index.php?lang=en>

Además, cuenta con un equipo interdisciplinario para alcanzar soluciones innovadoras y de múltiples enfoques, que facilitan la concreción de los objetivos propuestos, asesorando y desarrollando soluciones tecnológicas en las siguientes áreas:

- Diseño estructural de equipos.
- Simulaciones térmico-estructurales
- Diseño y desarrollo de hardware
- Provisión de PCB de alta calidad para áreas críticas.
- Diseño y desarrollo de software embebido.
- Software y sistemas operativos de tiempo real, RTOS.
- Sistemas embebidos.
- Análisis y revisión de estructuras, enclosures, hardware y software.

Las actividades de la empresa están apoyadas desde el punto de vista de la calidad, con un enfoque tradicional, heredado de estándares internacionales probados como ISO 9001:2008 y ECSS, de la Agencia Espacial Europea (ESA), como otro innovador para adaptar el modelo de desarrollo a un esquema dinámico y ágil, especialmente en las etapas iniciales del proyecto.

#### **Acuerdo estratégico y de cooperación entre “ARSULTRA S.A.” de la República Argentina y “40-30 S.A.R.L.” de Francia.**

El acuerdo estratégico establecido entre ARSULTRA y la empresa francesa 40-30 tiene el propósito de instalar un laboratorio de alto vacío en Argentina. El contacto inicial entre ambas empresas surgió a propósito de la capacitación en el tema de “tecnologías de vacío”, realizada por miembros del equipo de ARSULTRA, en las propias instalaciones de 40-30 en Francia mediante el apoyo del programa Nanopymes.

El marcado perfil internacional y globalizado de la empresa 40-30 impulsará al presente proyecto con ARSULTRA a ofrecer localmente servicios, vinculados a las tecnologías de alto vacío, de calidad mundial en un mercado donde existe un demostrado potencial y donde la empresa argentina ya posee un prestigio instalado.

Entre sus clientes principales se encuentran Tenaris; Siderca; YPF e YTEC.

La empresa realiza el desarrollo de cada producto de manera personalizada; es decir, en función de los requerimientos y necesidades específicas de cada cliente. Para ello, cuenta con herramientas de avanzada en materia de interfaces de comunicación; microprocesadores y sistemas operativos que le permiten integrar sistemas complejos, confiables y robustos. Además, su operatoria está sujeta a normas internacionales de calidad (normas ISO 9001 y ECSS de la Agencia Espacial Europea). Por estos motivos, la empresa demuestra una alta capacidad para cumplir con exigentes requisitos de calidad, innovación, agilidad y flexibilidad frente los usuarios de sus productos.

Por su parte, la empresa francesa 40-30 S.A.R.L. tiene su base en cercanías de Grenoble y se dedica a proveer soluciones para la industria en general y para las actividades de

investigación. Provee servicios de ingeniería, incluyendo diseño de proyectos; implementación y servicios de apoyo técnico y de mantenimiento. Particularmente, servicios para equipos electrónicos; producción y mantenimiento de “vacío”; descontaminación y recuperación de partes y testeos para detección e inspección de filtraciones.

Todas las actividades de 40-30 están certificadas según normas nacionales e internacionales de calidad y su perfil globalizado constituye una característica fuertemente marcada de la empresa. De hecho, forma parte de un grupo que posee filiales en China, Singapur y Gran Bretaña. También tiene presencia en alrededor de 30 países de todos los continentes a través de sus “centros de mantenimiento”, instalados en cada lugar. Algunos ejemplos de sus clientes más importantes son “ST Microelectronics”; “Valeo”; “Air Liquide”; “Rolls-Royce” y “Siemens”.

ARSULTRA y 40-30 tuvieron la oportunidad de contactarse durante el corriente año 2015, cuando miembros de la empresa argentina llevaron a cabo su capacitación y entrenamiento en la empresa francesa, dentro del programa de capacitación de Nanopymes. Surgió así el interés de ambas partes por considerar y analizar las posibilidades para una colaboración mutua vinculada al tema objeto de la capacitación brindada: tecnologías de vacío. Los contactos personales y las conversaciones iniciales entre los directivos, se fueron profundizando mediante sucesivas conferencias mantenidas vía internet.

Se prevé que los productos y servicios a ser brindados, tendrán como mercados de destino a clientes que forman parte de empresas de la industria metalmecánica y fabricantes de acero (Oil & Gas; TENARIS SIDERCA; SIDERAR)

Las inversiones en nanotecnología se presentan como una oportunidad para integrar investigaciones avanzadas con productos de fácil inserción en el mercado, que permitan agregar valor a la industria local.

La promoción de empresas de base tecnológica que brinden servicios al sector de hidrocarburos debe caracterizarse en primer lugar por la articulación por demanda de los tres ejes de una política de innovación productiva, a saber: i) la puesta a disposición de infraestructura tecnológica adecuada para los procesos de innovación productiva; ii) la facilitación de capacitación para realizar innovaciones productivas centrada en la transferencia de los conocimientos específicos o tácitos imprescindibles para las mismas; y iii) la provisión de un financiamiento a los proyectos de innovación productiva que resulte pertinente en función del riesgo e incertidumbre que los caracteriza. En segundo lugar, se destacan, como complementos fortalecedores de este enfoque, la capacitación en gestión empresarial de la innovación y el apoyo en la generación de planes de negocios para llevar a cabo distintos proyectos<sup>112</sup>.

## **7. CONCLUSIÓN**

---

<sup>112</sup> INFORME FINAL - Asistencia Técnica para el programa de fortalecimiento de la competitividad de las PYME y creación de empleo en Argentina. Buenos Aires, 30.11.2015

### ***Importancia de la NN***

La Nanotecnología es una tecnología revolucionaria, que tiene impactos en muchos sectores de la economía y va incidiendo en el tejido industrial de los países. Impacta positivamente en numerosas industrias tales como nuevos materiales; sensores industriales; nuevos dispositivos electrónicos; la actividad espacial; nuevas técnicas de diagnóstico de numerosos sectores vinculados con la salud humana; nuevos fármacos y vacunas; técnicas para preservación del medioambiente; industria automotriz; industria de la construcción; metrología; energía, etc.

La aplicación de la nanotecnología en la industria del petróleo no es algo completamente nuevo, ya que se han utilizado nanopartículas con éxito en los lodos de perforación durante los últimos 50 años. En los últimos años las demás áreas clave de la industria del petróleo (tales como la exploración, producción primaria y asistida, monitoreo, refinación y distribución) se han acercado a las nanotecnologías, viéndolas como un desarrollo favorable para afrontar temas críticos relacionados con ubicaciones remotas (como aguas ultraprofundas y ambientes árticos), condiciones extremas (formaciones de alta temperatura y alta presión) y sobre todo, los reservorios de no convencionales<sup>113</sup>.

### ***Desarrollo en Argentina.***

Para la República Argentina, el desarrollo de empresas de base tecnológica – específicamente nanotecnológicas no es sólo deseable, sino que además debería configurarse como una política de Estado. Sobre todo, teniendo en cuenta que en la Argentina la nanotecnología atraviesa una fase de desarrollo, con una creciente masa crítica de investigadores científicos y tecnológicos, emprendedores y empresarios involucrados y con una dinámica de innovación creciente, que han permitido contar con algunos productos en el mercado y procesos en la industria. Ejemplo de ello es la creación de empresas de base tecnológica en los últimos años, que han incorporado nanotecnología a sus procesos y productos. Parte importante de estas empresas pueden (y de hecho ya lo hacen) brindar servicios a la industria del petróleo, particularmente en los procesos de extracción de hidrocarburos no convencionales.

Los países que basan su competitividad en la exportación de productos de alta intensidad tecnológica demandan capacidades científicas muy avanzadas en sus trabajadores y alta inversión en I+D, al tiempo que mantienen una estrecha vinculación entre el sistema productivo y el sistema de ciencia y tecnología. Los sectores de alta intensidad tecnológica muestran una menor exposición a la entrada de competidores, mientras que los de baja intensidad tecnológica están mucho más expuestos a la competencia internacional, generando rentas más bajas. De esta manera, la exportación de productos avanzados tecnológicamente es una característica de casi todos los países desarrollados.

---

113 Cocuzza Matteo, Pirri Candido, Rocca Vera y Verga Francesca: Current and Future Nanotech Applications in the Oil Industry. American Journal of Applied Sciences, 2012. pag.784-793. 2012

En línea con lo expuesto, puede afirmarse que los países con un mayor nivel de exportaciones de productos de alta intensidad tecnológica demandarán mayores capacidades y más inversión en ciencia y tecnología. Los sectores exportadores de bienes tecnológicamente avanzados difícilmente sobrevivirán sin recursos humanos capaces de desarrollar estos productos. Al mismo tiempo, los trabajadores de una economía no tienen incentivos para especializarse e invertir en capital humano avanzado si no existe un mercado que demande esas habilidades. Esta relación disminuye las posibilidades de que los países que no se dedican a la exportación de bienes intensivos en tecnología puedan hacerlo en el futuro, si no planifican una adecuada estrategia de desarrollo tecnológico<sup>114</sup>.

### ***Importancia para la Industria de los HC***

La política industrial en las próximas décadas debería tener como eje central la acumulación de competencias en las nuevas tecnologías y un foco en la innovación orientada a la sustentabilidad en sentido amplio –económica, social y ambiental. Tener o no competencias en las nuevas tecnologías define quién será competitivo, en qué ramas y quién tendrá o no un lugar en la futura división internacional del trabajo. Además, contribuiría al desarrollo de empresas de alta incidencia tecnológica, no sólo brinden soluciones específicas a la industria de los hidrocarburos sino que además requieran de capital humano altamente capacitado con su consecuente mejora en la calidad del empleo y mejores salarios en la industria, que además añadan valor a los servicios que brindan.

### ***Regulación***

La regulación surgida en la última década ha significado la instrumentación de políticas públicas de fomento que incluyen diversos instrumentos de financiación, que hoy cubren un amplio espectro de programas de apoyo. Sin embargo, la sola existencia de estos instrumentos no redundan en beneficios si sus potenciales beneficiarios no se sirven de los mismos. Es por ello que también queda pendiente la tarea de intensificar el esfuerzo por la detección de potenciales beneficiarios de dichos instrumentos, como ser empresarios, emprendedores, e incluso investigadores que puedan volcar al mercado sus conocimientos poniéndolos al servicio de la industria y de las empresas.

La operación segura y la proyección ambiental en la explotación de estos recursos requieren una combinación de un buen marco regulatorio, idoneidad operativa y el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías. Para las autoridades que tienen a su cargo la promoción de nuevas tecnologías que se apliquen a estos procesos, resulta

---

114 En internet:

<http://www.ictsd.org/bridgesnews/puentes/news/%C2%BFhaciaunnuovoestilodedesarrollolaagenda2030yelbigpush>

fundamental que la aplicación de estas últimas contribuya al fortalecimiento de las PYMES y a la creación de empleo altamente calificado que demande una percepción de buenos salarios. Le corresponde a las instituciones –vía políticas, pero también a través de cambios en las normas de comportamiento y sociabilidad– generar los incentivos necesarios para que la dirección del cambio técnico priorice las dimensiones ambiental y de inclusión social, las que pueden ser complementarias al aumento de la competitividad. Debe evitarse el riesgo de que la región se vuelva una mera importadora de tecnologías ambientalmente más amigables. Es necesario construir, endógenamente, competencias que le permitan participar de la revolución tecnológica, no solo como consumidora sino como productora de tecnologías. A la luz de los casos analizados en el presente trabajo, de las empresas YTEC y ARSULTRA, podemos afirmar que no es lejana la posibilidad de la industria energética de nuestro país, del desarrollo de empresas de base tecnológica, y que la misma sea encaminada como una política de estado.

Queda pendiente la tarea de un marco regulatorio apropiado para los aspectos restantes – como en los países donde la I+D+i es más intensa, y sus aspectos regulatorios vinculados con la ética, la propiedad intelectual, la seguridad de las personas y el ambiente y la percepción pública de ciudadanos y consumidores son objeto de trabajo y propuestas. La política de estado mencionada precedentemente, debe comprender el estímulo al crecimiento del sector, sin perder de vista los riesgos ambientales, a la salud y a la seguridad de los trabajadores que el desarrollo de toda nueva tecnología implica

### ***Necesidades para su desarrollo sostenible.***

La energía es tema crítico en todos los países, esencial para su desarrollo económico y social. El petróleo, el gas, el uranio, el carbón y demás recursos con que pueda contar un país, no aportarán a su desarrollo hasta ser movilizados y sólo se convertirán en reservas mediante políticas correctas, coherentes y permanentes. Una eficaz gestión energética es siempre una cuestión de buena administración; y sólo admite, por tratarse de un sector estratégico, una visión a largo plazo por encima de las coyunturas, signos políticos, intereses sectoriales o pareceres ideológicos.

En tal sentido, la explotación de los reservorios no convencionales, como el de Vaca Muerta o Loma La Lata, en nuestro país, requieren perforar mayor cantidad de pozos que en las locaciones normales, aplicando además, técnicas de fractura hidráulica a gran escala. Como la producción y la escala de operaciones se expanden, el número de pozos también aumenta. Como resultado de esto. La gestión del agua es uno de los aspectos más cuidados. Esto determina que todas las operaciones deban dirigirse por un marco normativo bien formulado desde el punto de vista científico, aplicándose además las mejores prácticas para mitigar las posibles afectaciones; teniendo para ello los mismo ejes que se han utilizado en la Unión Europea a tal efecto: (i) la identificación de las características o propiedades claves que influyen en la liberación, la exposición,

el comportamiento (destino y cinética), efectos (riesgos) y subsiguientes riesgos de los nanomateriales; (ii) los métodos estandarizados para la identificación, cuantificación y caracterización, y (iii) las estrategias y enfoques Nano-específicos de evaluación de riesgos.

### ***Condiciones para el éxito los proyectos***

Los roles público, privado e institucional son cruciales a fin de generar mecanismos e instrumentos que posibiliten la inclusión plena de nuestro país en esta nueva tecnología. La consolidación de las instituciones de investigación en nanotecnología y su mayor asociación en redes de colaboración, son factores claves para favorecer los procesos de transferencia del conocimiento desde la investigación básica a la aplicación industrial<sup>115</sup>.

El Estado debe acompañar desde etapas tempranas la promoción y el fortalecimiento de estas tecnologías fomentando la rápida vinculación con el sector empresario y el funcionamiento en red para mantener y fortalecer sus capacidades innovativas<sup>116</sup>.

---

<sup>115</sup> Boletín Estadístico Tecnológico – BET N°3. Abril/junio de 2009. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Buenos Aires – Argentina.

<sup>116</sup> Charles Vest. “National Nanotechnology Initiative - Leading to the next industrial revolution”, <http://www.ostp.gov/galleries/NSTC%20Reports/NNI2000.pdf>

## 8. BIBLIOGRAFÍA

### PUBLICACIONES

- Asociación Española de Normalización y Certificación: Actualidad Normativa – Nanotecnologías, Madrid, Nº1, Marzo 2010.
- ANPCyT. Informe de Gestión de la ANPCyT de 2013 (<http://www.agencia.mincyt.gob.ar>).
- Barrere, Rodolfo (Coordinador): La Nanotecnología en Iberoamérica: Situación Actual y Tendencias. Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación del Centro de Altos Trabajos Universitarios de la OEI. En <http://www.oei.org>, 2008.
- BID. Préstamos AR-L1111 y AR-L1141) <http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=AR-L1141>.
- BMBF “El Plan de Acción 2010” de Alemania, Bonn, 2007.
- Bravo, Víctor: Análisis de la Ley 27007, llamada de hidrocarburos, y de la política hidrocarburífera del período 2003 a 2014. Documento de Trabajo de la Fundación Bariloche. San Carlos de Bariloche: Enero 2015.
- Casabé, Norma: Área de Toxicología y Química Legal, Dpto. de Química Biológica, FCEN, UBA.
- Center for Technology Assessment: Principios para la supervisión de nanotecnologías y nanomateriales. Nano Action Project, Washington, s/d.
- Científica Ltd. Global Funding of Nanotechnologies and its impact. 2011.
- Comisión de las Comunidades Europeas: “Hacia una Estrategia para la Nanotecnología en la Unión Europea”. 2004.<http://ec.europa.eu/>
- Comisión de las Comunidades Europeas: Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social Europeo: Nanociencias y nanotecnologías: Un plan de acción para Europa 2005-2009; Bruselas, 07/06/2005 COM (2005) 243. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>.

- Comisión de las Comunidades Europeas. Programa Horizonte 2020 (<http://ec.europa.eu/>)
- Commission of the European Communities: Commission Recommendation on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research, Brussels, 07/02/2008, C (2008) 424 final. En: Nanoforum–European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>.
- Commission of the European Communities: Second Regulatory Review on Nanomaterials. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council and the European Economic and Social Committee, Brussels, 3.10.2012, COM (2012) 572 final. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>
- European Parliament: Science and Technology Options Assessment (STOA): NanoSafety - Risk Governance of Manufactured Nanoparticles - FINAL REPORT, (IP/A/STOA/FWC/2008-096/LOT5/C1/SC3) PE 482.685. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>, October 2005.
- Fundación Argentina de Nanotecnología: Quién es quién en nanotecnología en argentina, Buenos Aires, 2010
- Fundación Argentina de Nanotecnología: Quién es quién en nanotecnología en argentina, Segunda Edición, Buenos Aires, 2012
- Fourth Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of NANOTECHNOLOGY Part 2: Potential Benefits of Nanotechnology Currently under Debate. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway. En: <http://www.nanoforum.org>, 2nd Edition - October 2005.
- Fourth Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of NANOTECHNOLOGY Part 5: The Ethical Aspects and Political Implications of Nanotechnology. <http://www.nanoforum.org>, 2nd Edition - October 2005.
- Fourth Nanoforum Report: Benefits, Risks, Ethical, Legal and Social Aspects of NANOTECHNOLOGY Part 4: Public Perception of Nanotechnology. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>, 2nd Edition - October 2005.
- Fourth Nanoforum Report: Funding and Support for international NANOTECHNOLOGY collaborations. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>, Update July 2006
- Fourth Nanoforum: Nanotechnology in Europe - Ensuring the EU Competes Effectively on the World Stage Survey & Workshop organised by Nanoforum in Düsseldorf, Germany, 21st June 2007 - Prepared by: Del Stark, European Nanotechnology Trade Alliance. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>
- Gleiche, M., Hoffschulz, H. & Lenhert, S.: Nanotechnology in Consumer Products. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>, October 2006.
- Hallberg, Karen: Hacia una investigación responsable en nanociencia y nanotecnología. Instituto Balseiro/Centro Atómico Bariloche, CNEA y CONICET. Trabajo presentado en Nanosustentable 2012. En: <http://www.fan.org>.

- Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM): Avances de la normalización técnica voluntaria a nivel nacional e internacional Primeras Jornadas Nanotecnologías y Sustentabilidad, CABA, 30-31 de octubre de 2012.
- Invernizzi, Noela: Perspectivas sindicales sobre los riesgos e implicaciones de la nanotecnología. En: [http://nanotecnologiasociedade.weebly.com/uploads/1/2/6/1/12615146/eje3mesa12perspectivas\\_sindicales.pdf](http://nanotecnologiasociedade.weebly.com/uploads/1/2/6/1/12615146/eje3mesa12perspectivas_sindicales.pdf)
- López, Gerardo: Nanotecnología y aspectos socioambientales: de la formación a la acción. Seminario Nanotecnología y Sustentabilidad, Buenos Aires, octubre 30-31 del 2012
- Maynard, Andrew: Thinking critically and imaginatively about the challenges of Sophisticated Materials. Primeras Jornadas Nanotecnología y Sustentabilidad: Nuevos desafíos regulatorios. Fundación Argentina de Nanotecnología, CABA, 30-31/10/2012
- Malsch, I. & Oud, M.: Outcome of the Open Consultation on the European Strategy for Nanotechnology. Executive summary. En Nanoforum – European Nanotechnology Gateway: <http://www.nanoforum.org>, December 2004.
- Metallo, Omar: Prevención en Riesgos en tareas de Laboratorios de Investigación y Desarrollo: El desafío de la Nanotecnología. Primeras Jornadas Nanotecnología y Sustentabilidad: Nuevos desafíos regulatorios. Fundación Argentina de Nanotecnología, CABA, 30-31/10/2012.
- MINCYT. Plan Nacional de CTI Bicentenario 2006-2010 y Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación “Argentina Innovadora 2020”.
- MINCYT. Boletín Estadístico Tecnológico. Nanotecnología. Abril/junio 2009.
- Morrison, Mark (Editor): Nanotechnology and its Implications for the Health of the EU Citizen. December 2003. En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>
- National Nanotechnology Initiative: The Initiative and Its Implementation Plan. National Science and Technology Council, Committee on Technology, subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology, Washington, D.C., July 2000
- National Nanotechnology Initiative: Strategic Plan. National Science and Technology Council, Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology. Washington D.C., February 2011.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Comisión Mundial de Ética del Conocimiento Científico y la Tecnología (COMEST): Nanotecnología y ética – Políticas e Iniciativas, UNESCO, Paris 07 SP, 2008.
- Seventh Nanoforum Report: European Support for Nanotechnology Small and Medium-Sized Enterprises, En: Nanoforum – European Nanotechnology Gateway, <http://www.nanoforum.org>, December 2005.
- Pagiatis, Alexandra: Primeras jornadas de nanotecnología y sustentabilidad. Equipo Multidisciplinario de Trabajo Decente, Grupo de Nanotecnologías de EMTD, Secretaría de Relaciones Internacionales, CGT, Buenos Aires, s/d.
- UNESCO, Ética y Política de la Nanotecnología, 2007.

- UK Nanotechnology Strategy, Small technologies, Great opportunities (HM Government, 2010) y "Outline Programme for Public Engagement of Nanotechnologies" UK. 2005.
- Vila Seoane, Maximiliano: Nanotecnología: Su desarrollo en Argentina, sus características y tendencias a nivel mundial. Tesis de Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, UNGS, Los Polvorines, 2011.
- Watal, A. y Faunce, T.: Patentar la Nanotecnología: Análisis de sus complejidades, abril de 2011. En: <http://www.OMPI.org>
- Rubén Etcheverry y Miguel Toledo (2012). "Yeil" Las nuevas reservas. Mendez Industria Gráfica, Capital Federal
- Cabot, Diego: "Un tesoro oculto en Vaca Muerta". *La Nación*. Economía y Negocios (27/05/2012), p. 1 a 2.

## **PÁGINAS DE INTERNET**

### **ARGENTINA**

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica: [www.anmat.gov.ar](http://www.anmat.gov.ar)
- Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica: [www.agencia.gov.ar/](http://www.agencia.gov.ar/)
- Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología: <http://desamin1.mincyt.gov.ar/ministerio/comite-nacional-de-etica-en-la-ciencia-y-la-tecnologia-cecte-22>
- Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología: [www.cicyt.mincyt.gov.ar](http://www.cicyt.mincyt.gov.ar)
- Fundación Argentina de Nanotecnología: [www.fan.org](http://www.fan.org)
- Información Legislativa y Documental: [www.infoleg.gov.ar](http://www.infoleg.gov.ar)
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación: [www.iram.org.ar/](http://www.iram.org.ar/)
- Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INPI): [www.impi.gov.ar/](http://www.impi.gov.ar/)
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial: [www.inti.gob.ar](http://www.inti.gob.ar)
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva: [www.mincyt.gov.ar](http://www.mincyt.gov.ar)
- Ministerio de Industria: Capacitación <http://www.industria.gob.ar/credito-fiscal-capacitacion/>
- Ministerio de Salud: [www.msal.gov.ar/](http://www.msal.gov.ar/)
- Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social: [www.trabajo.gov.ar](http://www.trabajo.gov.ar)
- Superintendencia de Riesgo de Trabajo: [www.srt.gov.ar](http://www.srt.gov.ar)
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: <http://www.jgm.gov.ar/paginas.dhtml?pagina=42>
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA): [www.senasa.gov.ar](http://www.senasa.gov.ar)
- Unión de Aseguradoras de Riesgos del Trabajo: <http://www.uart.org.ar/>

### **BRASIL**

- Ministerio de Ciencia y Tecnología (<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/2028.html>).
- Centro de Gestão e Estudos Estratégicos-CGEE([www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br))

- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial([www.abdi.com.br](http://www.abdi.com.br)) y ([www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf](http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf)).

#### **ESTADOS UNIDOS**

- Environmental Protection Agency: [www.epa.gov/](http://www.epa.gov/)
- Food and Drug Administration: [www.fda.com](http://www.fda.com)
- Occupational Health and Safety Assessment Series: [www.ohsas.org](http://www.ohsas.org)
- Occupational Safety & Health Administration: [www.osha.gov/](http://www.osha.gov/)
- United States Patent and Trademark: [www.uspto.gov](http://www.uspto.gov)
- NNI ([www.nano.org](http://www.nano.org)).

#### **UNIÓN EUROPEA**

- Cosmetic Products Notification Portal: Comisión Europea: [http://ec.europa.eu/consumers/sectors/cosmetics/cpnp/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/consumers/sectors/cosmetics/cpnp/index_en.htm)
- Comisión Europea: <http://ec.europa.eu/>
- European Medicines Agency: [www.ema.europa.eu/](http://www.ema.europa.eu/)
- European Patent Office: [www.epo.org](http://www.epo.org)
- International Organization for Standardization: [www.iso.org/](http://www.iso.org/)
- Occupational Safety and Health Administration: <https://osha.europa.eu/>
- <http://cordis.europa.eu/nanotechnology/>
- <http://www.ogj.com/unconventional-resources.html>

#### **ORGANIZACIONES DE AMBIENTE Y CONSUMIDORES**

- The ETC Group: [www.etcgroup.org/](http://www.etcgroup.org/)
- The European Consumer Organization: [www.beuc.eu](http://www.beuc.eu)
- The European Environmental Bureau: [www.eeb.org](http://www.eeb.org)