

# La nanotecnología en el Uruguay

Adriana Chiancone<sup>1</sup>  
Ramiro Chimuris<sup>2</sup>  
Lydia Garrido Luzardo<sup>3</sup>

## Resumen

Se presenta el desarrollo de la nanotecnología (NT)<sup>4</sup> en el Uruguay, destacando la pertinencia de un abordaje de la tecnociencia que considere los aspectos éticos, legales, y sociales, así como los impactos económicos, y los riesgos a la salud y ambientales. Se subraya el rol jugado por algunos actores como catalizadores del proceso de vinculación local de los científicos uruguayos de NT, y de la conformación del Grupo Nanotec-Uruguay. Se plantean algunas propuestas relativas a la construcción de oportunidades de los practicantes del campo, así como también ciertos lineamientos básicos para el diseño de políticas de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay relacionadas con la NT.

## Introducción

Este trabajo se enmarca en un esfuerzo colectivo por estudiar el desarrollo de las nanotecnologías en la región, y en Uruguay en particular, así como el posicionamiento de los diversos actores implicados, frente a las ventajas, riesgos y desafíos que estas tecnologías disruptivas representan. Presentamos en esta oportunidad el desarrollo actual de la nanotecnología (NT) en el Uruguay, y destacamos la pertinencia de un abordaje de la tecnociencia, que considere los aspectos éticos, legales, y sociales, incluidos los impactos económicos, y los riesgos a la salud y ambientales. El artículo comienza con la presentación de algunos antecedentes sobre los recientes desarrollos de la NT. A fin de contextualizar el desarrollo de la NT en Uruguay, y su inclusión en la agenda pública, se plantea un sucinto panorama actual de la Ciencia, Tecnología e Innovación en el país. Una mirada a la dinámica local nos permite detectar el rol catalizador de diversos actores, para la vinculación de los investigadores uruguayos y para la conformación del Grupo Nanotec-Uruguay (GNanotec-Uy), así como para el establecimiento de colaboraciones científicas regionales. En el marco de un abordaje de los aspectos éticos, legales, sociales, y ambientales, se plantean algunas propuestas relativas a la construcción de oportunidades de los practicantes del campo, así como también ciertos lineamientos básicos para el diseño de políticas de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay, relacionadas con la NT. Este trabajo está basado fundamentalmente en entrevistas a informantes calificados, así como en un conjunto de fuentes que constituyen las primeras comunicaciones locales, sobre un muy reciente proceso que tiene lugar en el Uruguay.

## 1. Antecedentes

La NT llega como la tecnología de mayor espectro de aplicación, por lo que prácticamente todos los ámbitos en los que se desarrolla la vida humana pueden llegar a ser alcanzados. La novedad esencial de las nanotecnologías es que la materia muestra diferentes y novedosas propiedades cuando se manipula en la escala entre 1 y 100

---

<sup>1</sup> Docente e investigadora de la Universidad de la República, Uruguay. Miembro de la ReLANS. [achiancone@fhuce.edu.uy](mailto:achiancone@fhuce.edu.uy)

<sup>2</sup> Doctor en Derecho y Ciencias Sociales, miembro de Plataforma DESCAM (Plataforma de Derechos Económicos, Sociales, Culturales y Medioambientales). Miembro de la ReLANS. [ramirochimuris@gmail.com](mailto:ramirochimuris@gmail.com)

<sup>3</sup> Investigadora de Plataforma DESCAM. Miembro de la ReLANS. [lydiagarrido@gmail.com](mailto:lydiagarrido@gmail.com).

<sup>4</sup> El término nanotecnología (NT) es utilizado en este trabajo para referirnos tanto a las nanociencias como a las nanotecnologías.

nanómetros. Una de las características es, por ejemplo, que los productos que incorporan nanopartículas pueden tener una altísima sensibilidad, siendo capaz de comportarse de manera “inteligente” utilizando elementos del entorno de forma novedosa, y haciéndolos más eficientes que con tecnologías tradicionales. Otra característica es que la frontera entre lo vivo y lo no vivo se borra, abriéndose la posibilidad de combinar nanopartículas inanimadas con organismos vivos, o utilizar elementos vivos para usos artificiales.

Esta *posibilidad* es hoy una realidad. A modo de ilustrar tan sólo uno aspecto de los muchos que abarca la NT, comentaremos la solicitud que inscribe el Instituto Venter en julio de este año en la Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos (número 20070122826), reclamando la propiedad exclusiva sobre un conjunto de genes esenciales y sobre “*un organismo vivo sintético que puede crecer y reproducirse*”, construido con esos genes. Además el Instituto Venter presenta una solicitud de patente, extensiva a más de 100 países, ante la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) con el número WO200047148, publicada el 27 de abril de 2007 (ETC Group, 2007). Se trata de patentar una bacteria construida totalmente con ADN sintético, lo que sería el primer ser vivo artificial creado en un laboratorio. Además, esta patente implica derechos monopólicos sobre la creación de vida sintética, ya que según los creadores de la misma han identificado “*genes esenciales*” del genoma, por lo que la patente reclama cualquier organismo construido genéticamente al que le falten por lo menos 55 de los 101 genes que han determinado como no esenciales. Queremos destacar la implicancia ética en la creación de seres vivos. Recordemos, a modo de ejemplo, el caso Chakrabarty de los años ochentas,<sup>5</sup> o el caso “Dolly”,<sup>6</sup> la oveja clonada en 1997. Las discusiones respecto a los aspectos éticos que se dieron en torno a estos casos en la esfera científica y en la social estuvieron desconectadas y respondieron a lógicas diferentes. Prevaleció en los planteos de algunos grupos de científicos la exclusión de los cuestionamientos éticos basados en una lógica de una ciencia en si misma impoluta y sin fronteras.<sup>7</sup>

En el marco de la Conferencia sobre Biología Sintética, entre el 20 y 22 de mayo de 2006, un grupo de biólogos se reunieron en Berkeley, California, con el objetivo de llamar a un código voluntario de conducta que autorregule su trabajo (Synthetic Biology, 2006). Desde la sociedad civil la respuesta fue encabezada por una coalición global de 38 organizaciones, donde destaca el ETC Group alertando sobre los impactos de la biología sintética. La coalición solicitó el retiro de la propuesta de que esta tecnología se auto-regulara y demandó un debate público amplio y supervisión inmediata sobre la creación de formas sintéticas de vida. Sin embargo, todavía hay muy poco diálogo o debates acerca de cómo estas tecnologías nos impactan, y mucho menos espacios de interacción e incidencia del colectivo social.

---

<sup>5</sup> *Diamond, Comisionado de Patentes y Marcas v. Chakrabarty, Corte Suprema de los Estados Unidos* 16 de junio de 1980. Nº 79-136. Marcó un hito que determinó la inclusión de la materia viva en el sistema de patentes. La solicitud de patente presentada en 1972 por el microbiólogo Chakrabarty, cedida a General Electric Co., era sobre una bacteria genéticamente diseñada capaz de la degradación de petróleo crudo. La Corte afirmó que un micro organismo vivo, producto del hombre es materia patentable.

<sup>6</sup> Del experimento realizado en el Instituto Roslin de Edimburgo, llevado adelante en 1997 por el embriólogo Ian Wilmut y sus colegas, fueron creados 277 embriones de los que tan sólo sobrevivió una oveja “clonada”, es decir, una tasa de éxito que ronda el 0,33 por ciento. Posteriormente la oveja Dolly, presentó graves problemas de debilidad orgánica, entre ellos envejecimiento prematuro, y murió.

<sup>7</sup> Escribe Capra: “Con el auge del capitalismo global, en los años noventa, su mentalidad de poner el beneficio económico por encima de cualquier otro valor le hizo adoptar la causa de la biotecnología dejando de lado, evidentemente, cualquier consideración ética. Muchos de los genetistas de nuestros días son propietarios de compañías de biotecnología o tienen lazos estrechos con ellas” (Capra, 2002, 208).

Con relación a la última solicitud del Instituto J. Craig Venter (31 de mayo de 2007) el ETC Group, ha pedido a la oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos y la OMPI, el rechazo de esta solicitud de patente, por entender que es contraria al orden público (seguridad y moralidad pública). Los argumentos para solicitar el rechazo de la patente se basaron en la falta de un debate social apropiado en torno a las implicaciones de la creación de formas sintéticas de vida para la seguridad el medio ambiente los aspectos socio-económicos, éticos y los derechos humanos.

El estudio de los Aspectos Éticos, Legales y Sociales (ELSA)<sup>8</sup> de la ciencia y la tecnología, tal como son conocidos a nivel internacional, también podríamos denominarlos (usando la misma sigla) estudios Éticos, Legales, Sociales y *Ambientales*, para incorporar una categoría ecosistémica en el abordaje del análisis. Estos estudios tienen por objetivo internalizar y evaluar los diversos impactos que estas tecnologías implican sobre el ser humano (individual y socialmente), respecto a sus actividades (económicas, culturales, en el trabajo, en la salud, etc.) y sobre el medioambiente. En cuanto a la escala nano debemos tener en cuenta las propiedades diferenciales que les caracterizan. El Oswaldo Luiz Alves, profesor titular del Instituto de Química de la Unicamp (Brasil), expresaba en una entrevista que le realizaron en 2007:

...las preocupaciones con las nuevas tecnologías son absolutamente legítimas y deben formar parte de las discusiones, tanto de la academia, como del sector productivo, el gobierno y la sociedad. Con la nanotecnología no es diferente, dado su carácter innovador, que introduce nuevos paradigmas abre y amplía de manera notable las posibilidades. Es claro que las aplicaciones esperadas pueden presentar situaciones extremadamente conflictivas y discutibles, e inclusive situaciones de riesgo (...) en relación a otros riesgos, gran parte de ellos tienen que ver con estar trabajando con entidades de tamaño diminuto que, como dije inicialmente, pueden tener sus propiedades fuertemente alteradas por causa de su escala y forma (Alves, 2007).<sup>9</sup>

## **2. Marco general de ciencia, tecnología e innovación en Uruguay**

Las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) en Uruguay se realizan mayoritariamente en el sector público, donde tiene una presencia dominante la Universidad de la República (UdelaR) (única universidad pública del país) la que concentra más del 70% de los recursos humanos de investigación, y aproximadamente una tercera parte del gasto (RICYT, s/f).<sup>10</sup>

Otro importante aporte en esta materia es desarrollado por diversos organismos del sector gubernamental, con especial notoriedad el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), y el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE).

Las autoridades del gobierno que asumió en marzo de 2005 evaluaron negativamente la situación de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en el país, caracterizada por un lado por una asignación de fondos muy reducida para las actividades de I+D y la discontinuidad del financiamiento de los instrumentos de

---

<sup>8</sup> *Ethical, Legal and Social Aspects* (Aspectos Éticos, Legales y Sociales).

<sup>9</sup> En dicha entrevista el especialista en NT indicaba que Brasil tiene la capacidad científica y las facilidades para la investigación en NT. Para ello es preciso acoplar a las NT y las políticas públicas en un marco regulatorio para el sector.

<sup>10</sup> El valor que aparece en la página citada corresponde al sector Educación Superior, que incluye además de la UdelaR, las cuatro universidades privadas y otras instituciones en las que la actividades de I+D son en términos cuantitativos muy escasas, por lo que el conjunto de investigadores pertenecen mayoritariamente a la UdelaR. Por otro lado, el valor que aparece para el 2002 (73%), corresponde a un año de fuerte crisis económica en el que la Universidad de la República debió restringir sus actividades de investigación.

promoción de las mismas. El último dato sobre la inversión nacional en I+D, como porcentaje del PBI, fue publicado para 2002, y alcanza sólo el 0.30% (PNUD, 2006). El gobierno se ha propuesto que esta inversión llegue al 1%, siguiendo recomendaciones de la UNESCO, y por medio de diversas acciones que impliquen un mayor compromiso del sector privado.

Cabe también destacar la alta fragmentación del sistema nacional de innovación, con una débil articulación entre la oferta y la demanda de conocimientos científico tecnológicos (salvo en el sector agropecuario), así como también con una escasa demanda de conocimiento creado localmente. Esta fragmentación manifiesta, en cierta medida, la inexistencia de una política pública de CTI, que las autoridades competentes se han propuesta institucionalizar.

En la nueva institucionalidad están previstos tres niveles: 1) de formulación de políticas; 2) de implementación o ejecución de políticas; y, 3) de participación de los beneficiarios de los programas (Martínez & Chiancone, 2007). En el primer nivel, de formulación de políticas, el Poder Ejecutivo, a través del recientemente creado Gabinete Ministerial de la Innovación (GMI) — figura institucional inédita en Uruguay — tiene el rol de definir las grandes líneas estratégicas en materia de CTI. El GMI está integrado por diferentes ministros y representantes del Poder Ejecutivo (representantes de los ministerios de Ganadería, Agricultura y Pesca; de Industria, Energía y Minería; de Economía y Finanzas; de Educación y Cultura; y de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto). En el nivel de implementación o ejecución de políticas se prevé un rol decisivo de los diversos actores por medio de un nuevo Consejo Nacional de Innovación, Ciencia y Tecnología (CONICYT), el que tendría un papel de asesoramiento a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) de reciente creación, y a los poderes Ejecutivo y Legislativo. La ANII tendría una función más próxima a los aspectos operativos como ente ejecutor de las políticas, y de asesoramiento al Poder Ejecutivo en materia de instrumentos y programas para la promoción y fortalecimiento de la CTI.<sup>11</sup> El eje medular de este nivel de ejecución de políticas sería el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCTI), cuya elaboración se realizaría a partir de las consultas realizadas a los múltiples actores implicados en proceso. En el tercer nivel se encontrarían aquéllos actores que producen conocimiento y desarrollan procesos innovadores, quienes serían los beneficiarios de los diversos programas: (los académicos, las instituciones, los empresarios, etc.).

Un estudio sobre la situación y perspectivas de la CTI en Uruguay, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y desarrollado por investigadores de la UdelaR caracterizó la situación en la que se encuentra Uruguay como de “indigencia innovadora” (Bértola et al, 2005). Esta caracterización estaría fundamentada en un muy bajo desempeño productivo, una débil cultura innovadora, y la baja articulación de los actores.

El gobierno ha expresado un especial interés en la generación de estrategias para el estímulo al desarrollo tecnológico que exige aprovechar el potencial de innovación del país, en pos de fortalecer la competitividad productiva, y mejorar la capacidad de desarrollo científico tecnológico (PDT, s/f). Es así que han sido definidas las siguientes áreas prioritarias para el desarrollo e inversión en C+T (GMI 22/4/2005): cadenas agroindustriales (cárnica, láctea, arroceras, granjera, forestal, pesquera); complejo turístico; biotecnología y farmacéutica (salud humana, salud animal y fitosanitarios);

---

<sup>11</sup> El 19 de diciembre de 2005 por la Ley N° 17.930 de Presupuesto Nacional 2005-2009, art.256 se crea la “Agencia Nacional de Innovación”, el 28 de diciembre de 2006 por Ley N° 18.084 se cambia al nombre y comienza a llamarse “Agencia Nacional de Investigación e Innovación” y se establecen cometidos y competencias orgánicas.

alternativas energéticas; tecnologías de la información y la comunicación; y, recursos naturales y medio ambiente.

La definición de áreas estratégicas es un caso de definición de política *top-down* en la que un determinado tema ingresa a la agenda como consecuencia de las estrategias formales o informales de un decisor o jerarquía política, y no como resultado de un proceso social creado en torno al surgimiento, tratamiento y resolución de un determinado problema (O'Donnel & Oslak, 1975). Este tipo *top-down* de política puede generar conflictos sociales; un ejemplo lo constituye el Programa Nacional de Bioseguridad (Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2006), inserto en el Programa de Apoyo al Desarrollo de la Biotecnologías en el MERCOSUR – BIOTECH, y con el financiamiento de la Unión Europea (Unión Europea – MERCOSUR, 2005). Sobre dicho programa varias organizaciones sociales han expresado su disconformidad, tanto sobre el desempeño del Comité Nacional de Bioseguridad, como sobre los mecanismos para garantizar la participación ciudadana (Redes Amigos de la Tierra, 2007). Sin embargo, la situación actual (2007) de búsqueda de consensos definitivos para la definición de líneas o sectores prioritarios por parte del gobierno puede representar una oportunidad a aprovechar para la inclusión de la NT en la agenda pública.

### **3. Catalizadores del proceso de conformación del Grupo Nanotecnología Uruguay y vinculación de los científicos uruguayos**

Existe un grupo de reciente creación llamado *Grupo Nanotecnología Uruguay (G-Nanotec-Uy)* que aglutina a quince investigadores que trabajan en el campo de la NT en el país. Entre los factores relevantes para la conformación y consolidación del *G-Nanotec-Uy* debe destacarse la labor desempeñada por diversos actores en una sucesión de acciones que representaron considerables estímulos y avances.

- La identificación de los practicantes del campo, realizada por la periodista Daniela Hirschfeld, quien detectó a los quince investigadores que desarrollaban actividades en NT en el país, dispersos en distintas unidades académicas montevideanas. Ese relevamiento se dio muy próximo en el tiempo con el seminario sobre impactos e implicaciones sociales y económicas de la nanotecnología, dictado por el Dr. Guillermo Foladori, coordinador de la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS) quien visitaba Montevideo.<sup>12</sup> Este seminario fue organizado por la Secretaría Regional Latinoamericana de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (Rel-UITA), la Casa Bertolt Brecht y la Facultad de Arquitectura (de la UdelaR), lo que representa una expresión del interés por los impactos e implicaciones sociales de la NT por parte de diversas instituciones y organizaciones sociales, de manera casi simultánea al establecimiento de contactos entre los científicos del campo.<sup>13</sup> Como resultado de este seminario se formó un grupo de científicos sociales que ingresó como miembros a la ReLANS ([www.estudiosdeldesarrollo.net/relans](http://www.estudiosdeldesarrollo.net/relans)).

---

<sup>12</sup> Con el fin de cubrir la sección de “Ciencia” del Semanario *Búsqueda*, la periodista habría entrevistado al *Grupo NanoMat* de la Facultad de Química y, posteriormente, realizado el relevamiento de los investigadores locales del campo. Durante el mismo, Hirschfeld se habría informado sobre el seminario sobre NT dictado por Guillermo Foladori, con quien se habría comunicado vía correo electrónico (Comunicación telefónica de los autores con Daniela Hirschfeld 03/9/07).

<sup>13</sup> El Seminario *Nanotecnología: la próxima revolución tecnológica*, tuvo lugar en la Facultad de Arquitectura de la UdelaR, del 26 al 27 de mayo de 2006. El relevamiento realizado por Hirschfeld fue publicado por el Semanario *Búsqueda* el 8 de junio de 2006, 32-33. Junto a este artículo se publicó la nota basada en la comunicación con Foladori, a través de Internet.

- El rol que tuvo la Sociedad Uruguaya para el Progreso de la Ciencia y la Tecnología (SUPCYT) como catalizador del proceso de aglutinación de los investigadores, y creación del grupo *G-Nanotec-Uy*, con una primera publicación colectiva en la Revista *Uruguay Con Ciencia* de SUPCYT, en la que el equipo presentó sus integrantes, líneas de investigación y características del campo en Uruguay (*G-Nanotec-Uy*, 2006).
- El Seminario “Nanotecnología: oportunidad para grandes innovaciones”, realizado con el objetivo de presentar a los empresarios, investigadores y universitarios, los desarrollos locales en ese campo y las posibilidades asociadas a los mismos. El evento tuvo lugar el 28 de septiembre del 2006, organizado por SUPCYT, Fundación Zonamérica, y la Cámara de Industrias del Uruguay.
- El proceso de apoyo al *G-Nanotec-Uy* desde febrero de 2007 realizado por el Centro de Gestión Tecnológica (CEGETEC) de la Cámara de Industrias del Uruguay. CEGETEC busca promover la vinculación entre los generadores de conocimiento y la industria, así como el fortalecimiento institucional a través de redes nacionales e internacionales. El trabajo con el grupo uruguayo se inscribe en un proyecto financiado por el Programa de Desarrollo Tecnológico (PDT)<sup>14</sup> que incluye las áreas de nutracéuticos, dispositivos biomédicos, y, nanotecnología.<sup>15</sup> El acompañamiento al *G-Nanotec-Uy* se daría a diversos niveles y a través de diferentes actividades que fundamentalmente consisten en:<sup>16</sup> el aporte a la visibilidad local y regional del grupo a través de participación activa en diversos eventos (e.g. en el *Encuentro NanoMercosur Ciencia, Empresa y Medio Ambiente* realizado en Buenos Aires (7 al 9 de agosto de 2007), y en el Seminario Taller *Fortalecimiento de la Relación Universidad/Empresa con Apoyo de Cooperación Internacional* en Montevideo (11 al 13 de julio de 2007) (Cámara de Industrias del Uruguay, 2007).<sup>17</sup> El estímulo a los intercambios científicos y fortalecimiento de las capacidades locales (existen convenios con la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) a través del cual se busca obtener equipo adecuado para las actividades de I+D no disponible localmente; también con la Universidade Estadual de Campinas en Brasil, y con la Universidad Autónoma de Barcelona en España, para actividades de formación avanzada). La vinculación con el sector empresarial uruguayo (a partir de la identificación de cinco empresas locales innovadoras se realizaron reuniones de presentación de científicos y empresarios y se concretaron oportunidades de trabajo conjunto para tres de los quince investigadores). Esta labor de relacionamiento exige a los técnicos de este centro realizar un trabajo de *coaching*, que implica traducción de diversas lógicas, intereses y expectativas, para facilitar la comunicación entre los

<sup>14</sup> El PDT es un programa de desarrollo tecnológico financiado con fondos públicos, parte de los cuales corresponden a endeudamiento externo y son obtenidos a través del Banco Interamericano de Desarrollo. El PDT es ejecutado en la órbita del Ministerio de Educación y Cultura.

<sup>15</sup> La elección de las áreas se basó en la diversidad de los sectores industriales así como en sus diferentes grados de desarrollo en el país. En el caso de la NT, en la que no existen tales desarrollos locales, aparecería como especialmente relevante la vinculación de las capacidades existentes, tarea a la que se ha dedicado este centro. Los nutracéuticos son aquellos alimentos que se proclaman como los que poseen un efecto beneficioso sobre la salud humana. A menudo se denominan también como alimentos funcionales. El término puede aplicarse además a compuestos químicos individuales presentes en comidas comunes como algunos fotoquímicos (<http://es.wikipedia.org/wiki/Nutrac%C3%A9utico>).

<sup>16</sup> Entrevista realizada por los autores a la directora de CEGETEC el 6/08/07.

<sup>17</sup> El Seminario fue organizado por CEGETEC en el Hotel NH Columbia de Montevideo, donde disertaron, entre otros, el director de la Dirección de Innovación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (DICYT) y Presidente de la nueva ANII, el Secretario de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Industrias del Uruguay, la directora de CEGETEC, y grupos de investigadores uruguayos (entre otros *G-Nanotec Uy*), españoles y argentinos (Cámara de Industrias del Uruguay, 2007).

participantes y promover acuerdos y alianzas estratégicas. CEGETEC apuesta a continuar el trabajo desarrollado hasta el momento con *G-Nanotec-Uy* en el marco de un proyecto con la Unión Europea. Además, entre sus objetivos se encuentra el que las autoridades gubernamentales declaren la nanotecnología como un área prioritaria de CTI en el país.

#### 4. Cuadro sinóptico de la nanotecnología en el Uruguay

Las principales investigaciones y desarrollos en el campo de la nanotecnología se están realizando por científicos que conforman el grupo *G-Nanotec-Uy*. Se trata de grupo multidisciplinario formado por equipos de distintos laboratorios de la UdelaR y del Instituto Clemente Estable. Se conforma como sigue (Pereyra, 2007):

- Grupo Nanobiología, Departamento de Proteínas y Ácidos Nucleicos, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. Estudia el transporte de iones a través de membranas biológicas por nanotubos naturales (estructuras nanométricas que se hallan en el núcleo celular). Este estudio integra el Proyecto “Biomembranas artificiales” de la Red Sudamericana de Nanobiotecnología en Sistemas Biomiméticos.
- Grupo NanoMat, Laboratorio de Cristalografía, Estado Sólido y Materiales, Departamento de Químico-Física y Matemática (*Grupo NanoMat*) de la Facultad de Química, UdelaR. Está orientando sus trabajos de investigación y aplicación de nanotecnología en la creación de nuevos materiales. Una de sus líneas dio como resultado el desarrollo y la patente de grafito magnético. Una de sus posibles aplicaciones es en medicina. Al ser un material biocompatible y magnético ofrece la posibilidad de ser dirigido a un punto específico del cuerpo humano y que eventualmente permanezca localizado allí mediante la aplicación de un campo magnético externo. Puede ser apropiado para su uso como transportador magnético de drogas médicas, como contrastante de imágenes de resonancia magnética o como marcador biológico, entre otras posibilidades. Por su potencial tecnológico este desarrollo ha dado lugar a que su patente<sup>18</sup> haya sido recientemente licenciada por la empresa Brasileña “Companhia Nacional de Grafite”.<sup>19</sup>
- Laboratorio de Biomateriales, Instituto de Química Biológica, Facultad de Ciencias, UdelaR. El Laboratorio de Biomateriales de la Facultad de Ciencias, UdelaR, está trabajando en nanotecnología desde la fisicoquímica. Estudia las interacciones entre las moléculas, y las propiedades electroquímicas de las biomoléculas (proteínas), en especial el comportamiento electroquímico de la *proteína citocromo C* en su interacción con nanopartículas de oro. Se están sintetizando nanopartículas y modificando sus superficies de forma tal que puedan ser absorbidas por fármacos y biomoléculas.
- Unidad de Bioquímica Analítica, Centro de Investigaciones Nucleares, Facultad de Ciencias, UdelaR. estudia la exposición de los residuos aminoácidos en la superficie del citocromo C y su interacción con otras superficies por medio de la teoría fractal, desarrollo de genosensores de ADNs y de inmunosensores anti PSPB (proteína de la preñez bovina) para su utilización en el desarrollo de biosensores de uso analítico.
- El Área de Radiofarmacia se desarrolla en el Centro de Investigaciones Nucleares de Facultad de Ciencias, UdelaR.

---

<sup>18</sup> Patente PCT: *Processo de preparação de materiais gráfiticos magnéticos e materiais assim preparados*, Pardo H., Mombrú A.W., Araújo-Moreira F. M., 16/6/04. PI0402338-2. Los autores de la patente son: Helena Pardo, Ricardo Faccio, Alvaro Mombrú Fernando Araújo-Moreira. Los tres primeros pertenecen al Cryssmat -Lab, DEQUIFIM, Facultad de Química, UdelaR, y, el último al Departamento de Física, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

<sup>19</sup> *Invento, Patente y Licenciamiento del Grafito magnético*, Pardo, H., Mombrú A.W., Araujo-Moreira F.M. [http://cryssmat.fq.edu.uy/jornada\\_archivos/pardo.pdf](http://cryssmat.fq.edu.uy/jornada_archivos/pardo.pdf) Consultado julio 20, 2007.

- En el Laboratorio de Física del Estado Sólido del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería, UdelaR se están realizando investigaciones en el campo de nuevos materiales. Se está intentando desarrollar nanohilos de diferentes metales (cobre, plata, níquel, seleniuro de cadmio) como conectores para fabricar circuitos integrados.

Uruguay participa en la elaboración de un Programa Marco de Ciencia y Tecnología del MERCOSUR y Países Asociados. En su primera reunión de ministros y altas autoridades de ciencia y tecnología, realizada el 30 de mayo de 2006, declaran, entre otras cosas, la realización de actividades de investigación científicas y desarrollo tecnológico, en distintas áreas, entre ellas la nanotecnología (declaración punto "c"); para ello se estableció el Plan de Acción de Buenos Aires. Promoviendo la constitución de centros de excelencia configurados en forma de redes (punto 5) (FAN, 2007). Algunos proyectos que se están desarrollando (o desarrollados) en forma conjunta con otros equipos de investigadores de la región son:

- *Sistemas nanoestructurados de entrega de fármacos*. Proyecto en conjunto con el Departamento de Ciências Farmacêuticas de la Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil) y el Laboratorio de Targeting de Drogas de la Universidad de Quilmas (Argentina).
- *Biomembranas artificiales*. Proyecto en conjunto con el Departamento de Física de la Universidad Federal de Santa Catarina (Brasil) y la Universidad Nacional de la Plata, (Argentina).
- *Síntesis y caracterización de materiales cerámicos nanoestructurados*
- *Desarrollo de nuevo material carbonoso: grafito magnético*. Proyecto en conjunto con la Universidade Federal de Sao Carlos (Brasil).
- Cooperación regional para el desarrollo de nanomateriales con potenciales aplicaciones tecnológicas relevantes para la región. Programa de cooperación y movilidad científica humanística y de desarrollo tecnológico, Red de Macrouiversidades de América Latina y el Caribe.

Los investigadores del *G-Nanotec-Uy* consideran que el desarrollo de la NT en el país exige mejorar la infraestructura disponible, con equipamiento de mayor especialización, lo que les permitiría ampliar la gama de tecnologías que se usan en NT. Reclaman también mayor apoyo para la formación de investigadores, lo que se vincula con una necesaria definición de objetivos y jerarquización de las líneas de investigación en NT, como parte de una estrategia nacional de CTI. Los aspectos ELSA (estudios éticos, legales, sociales y ambientales) no integran aún su programa, aunque su reconocimiento pueda llegar a ser un factor muy importante de contribución y sentido social; además que los países vecinos, lentamente comienzan a incorporar preocupaciones sociales en sus agendas.

## **5. Estudios ELSA. Beneficios y Riesgos contemplados desde una evaluación de impacto social. La construcción de oportunidades y diferenciación**

Los estudios Éticos, Legales, Sociales y Ambientales (ELSA) son necesarios a la hora de analizar la C+T, en virtud de los potenciales impactos sociales, culturales, y económicos que las nanotecnologías generarán sobre el hombre y su medio ambiente (tanto positivos, como negativos). Según un dictamen sobre los aspectos éticos de la Nanotecnología que ha sido recientemente publicado por el Grupo Europeo de Ética de la Ciencia y de las Nuevas Tecnologías de la Unión Europea, es importante llevar a cabo más investigaciones sobre las implicaciones ELSA. El informe recomienda que hasta un 3% del presupuesto de investigación en nanotecnología se destine a dicha investigación. Los autores reclaman a la Comisión Europea la creación de una Red Europea específica sobre Ética en Nanotecnología, que sería financiada a través del

Séptimo Programa Marco (7PM). En la red se darían cita expertos procedentes de una variedad de campos, fomentaría una mayor comprensión de las cuestiones éticas que surgen de la nanotecnología y la nanomedicina, promocionaría la educación en estos campos y trabajaría para garantizar que la ética se incluya en las prácticas de investigación sobre nanomedicina y nanotecnología (CORDIS, 2007).<sup>20</sup>

Otras fuerzas tienden a desmerecer la importancia de las evaluaciones ELSA de la tecnología. El *Programa 2061* como modelo piloto de educación de la Asociación Americana para el Avance de las Ciencias que se está aplicando en los EE.UU, por ejemplo, prioriza las ciencias naturales y reduce la aplicabilidad e importancia de las ciencias sociales, lo cual vemos con preocupación por ser el país que más está desarrollando nanotecnología (AAAS, 1985).<sup>21</sup>

Los signos de la falta de un debate sincero y maduro se evidencian en las presiones que el mercado ejerce sobre las empresas. En un foro sobre Nanotecnología en el MERCOSUR (*Encuentro Nano Mercosur 2007*), los representantes de Lux Capital Investment (EE.UU.) y de Veneto Nanotech (Italia)<sup>22</sup> explicaban que la razón de la decisión empresarial de no etiquetar productos que contienen nanocomponentes se deben al posible efecto negativo en el mercado, similar a lo ocurrido con los Organismos Genéticamente Modificados (ETC Group, 2006). Sin embargo, existen otros países, como Taiwán, donde los consumidores prefieren que en los productos se identifique la nanotecnología como un “símbolo” de vanguardia tecnológica. En cualquier caso el mercado presiona para imponer sus ventajas sin considerar los intereses de la población en general y los diferentes sectores sociales en particular; y demuestra el vacío normativo y regulatorio.

## **6. Elementos para un plan nacional de nanotecnología**

Mientras que en Brasil el gobierno apoyó la formación de cinco redes de investigación en NT desde el 2001, y tiene un programa de nanociencia y nanotecnología que es parte del plan nacional de desarrollo; y México desde el 2002 considera a la NT como sector estratégico en su Programa de Ciencia y Tecnología; y Chile financia proyectos de investigación en NT desde 1999; y Argentina creó la Fundación Argentina de Nanotecnología en 2005; Uruguay todavía no tiene posición oficial al respecto (Foladori, 2006).

El desarrollo de la NT en Uruguay, está dando sus primeros pasos. Una política gubernamental innovadora y responsable que considere a la NT como una de las áreas estratégicas, considerando los beneficios y los riesgos para la sociedad en múltiples aspectos (salud, económicos, culturales, trabajo, éticos, ambientales, etc.) sería muy importante para estas convergencias multidisciplinares de las ciencias, las tecnologías y la sociedad en el actual estadio del siglo XXI.

Los principios jurídicos de prevención y precaución, cobran una destacada dimensión frente a situaciones en la escala nano. Es decir existe un poder-deber por parte de los Estados, de las instituciones públicas y privadas y de los ciudadanos de

---

<sup>20</sup> La Comisión Europea gastó más de 1360 millones de euros en investigación sobre nanotecnología a través del Sexto Programa Marco. El presupuesto de nanotecnología en el Séptimo Programa Marco es de 3500 millones de euros.

<sup>21</sup> En los capítulos 14 (<http://www.project2061.org/esp/publications/sfaa/online/chap14.htm>) y 16 (<http://www.project2061.org/esp/publications/bsl/online/ch16/ch16.htm>), por ejemplo. Hay ahora un consenso nacional en la Unión Americana de que los niños de las escuelas primaria y secundaria deben educarse mejor en ciencia, matemáticas y tecnología.

<sup>22</sup> Exposiciones de Peter Hebert CEO de Lux Capital Investment (EE.UU.) y Dr. Nicola Trevisan. CEO de Veneto Nanotech (Italia) en Seminario *Ciencia, Empresa y Medio Ambiente*, 7 al 9 agosto de 2007, Buenos Aires, Argentina. Organizado por la Fundación Argentina de Nanotecnología.

poder ejercitar los distintos mecanismos legales administrativos o judiciales que respalden los derechos y garantías de la población en las distintas situaciones de la vida cotidiana (en la salud, trabajo, medio ambiente, etc.). A la hora de regular, es importante que los principios que los inspiran respondan a la salvaguarda de los derechos de las personas de forma integral y prioritaria por sobre las tendencias de mercado. En el Anuario GEO (Global Environment Outlook) 2007, presentado en Nairobi, el 5 de enero de 2007 se hace mención explícita a esta preocupación:

Las nuevas oportunidades y los riesgos tecnológicos: la nanotecnología. (...) Esta tecnología representa actualmente alrededor de 0.1% de la economía manufacturera mundial y se espera que domine 14% (2.6 billones de dólares) del mercado en 2014 (...) No se sabe si los marcos normativos vigentes son adecuados para lidiar con las características particulares de la nanotecnología. Hasta ahora, ningún gobierno ha formulado un marco normativo específico. Es necesario adoptar un enfoque equilibrado para maximizar los beneficios al tiempo que minimizar los riesgos (PNUMA, 2007).

Llamamos la atención de algunas corrientes que pretenden regular *después* que se manifiesten accidentes que demuestren el riesgo de la tecnología. Este no es el espíritu del principio de precaución, que se basa en la necesidad de que la NT, en este caso, demuestre que sus riesgos son menores a sus beneficios *antes* de que los accidentes se manifiesten. Una política de NT debería elaborarse a la luz de los aspectos ELSA, analizando los beneficios y los riesgos (no desde una visión de utilidad financiera, sino desde una finalidad social). Para ello deberían participar en forma multidisciplinar los especialistas, profesionales de las ciencias naturales y de las ciencias sociales, como así también las organizaciones de usuarios y consumidores.<sup>23</sup>

Uruguay está en la etapa de elaboración de un Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCTI). Es la *Agencia Nacional de Investigación e Innovación* a quien le corresponde: preparar, organizar y administrar instrumentos y programas para la promoción del desarrollo científico–tecnológico y la innovación, de acuerdo con los lineamientos políticos estratégicos y las prioridades del poder ejecutivo; así como promover la articulación y coordinación de acciones de los actores públicos y privados involucrados en la creación y utilización de conocimientos.

La ventaja de que el *Plan Estratégico Nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación*, esté en fase de elaboración radica en la posibilidad de incluir una visión responsable de C+T. Dado el reducido tamaño geográfico, de población, y de desarrollo económico, las posibilidades de competencia en términos cuantitativos son escasas. La opción por el desarrollo de la capacidad de sus científicos puede ser viable si se enmarca en una propuesta responsable. Un aspecto que pondría al país al frente de otros de América Latina y en consonancia con las posturas internacionales más avanzadas sería el incluir análisis ELSA en todas sus investigaciones de NT. Como el avance de la NT es muy acelerado, la demora aumentará la brecha, inclusive respecto de otros países en vías de desarrollo.

Un plan nacional de NT debería contemplar, al menos, los siguientes aspectos:

a. Priorizar las investigaciones que mejor respondan a la satisfacción de necesidades sociales. Esto es muy importante, ya que la justificación gubernamental de la mayoría de los países para hacer de las nanotecnologías un sector estratégico de desarrollo científico y tecnológico es casi exclusivamente la mejora de la competitividad internacional. Pero esto representa muchas veces solamente ventajas en el mercado y beneficios económicos para los sectores más ricos, pudiendo estar muy distante de la mejoría de las condiciones de vida de la mayoría de la población.

---

<sup>23</sup> La Ley N° 17.250 “Ley en defensa del Consumidor”, establece los derechos y garantías; entre otros el derecho del consumidor a la información sobre los productos ofrecidos en el mercado.

- b. Analizar los beneficios y riesgos considerando los aspectos éticos, legales y sociales conjuntamente con los medioambientales. Dichos estudios deben ser analizados desde una óptica transdisciplinar por los científicos de las ciencias naturales, sociales y humanas.
- c. Elaborar un marco regulatorio, donde el principio de precaución tenga un lugar jerárquico entre otros. Es decir, se den garantías de certeza razonable de que los productos producidos y comprados en el extranjero con componentes de NT, así como los procesos y las investigaciones de NT no implican riesgos mayores a los daños a la salud o al medio ambiente.
- d. Considerar el “ciclo de vida” de los productos, buscando proteger el medio ambiente contemplando todas las fases del ciclo de vida de un producto que contenga nanotecnologías o elementos nanométricos o nanomateriales hasta la eliminación total del producto luego de terminada su vida útil.
- e. Implementar el derecho a la participación y el acceso a la libre información a toda la población, de forma que los diferentes sectores sociales puedan incidir sobre las políticas en C+T. Ello debe incluir un lenguaje y terminología común para todos las personas, y una nomenclatura, procedimiento y normativa científica adecuadas para continuar con el desarrollo de las investigaciones y como principio básico la difusión de los resultados.
- f. Impulsar una ética de C+T por la paz. Esto no es trivial si consideramos la relevancia de la inversión de las principales potencias en I+D bélico en NT.

### **Conclusiones**

El desarrollo de la NT en Uruguay es muy reciente, por lo que se convierte en un interesante caso de articulación de diversas estrategias de distintos actores para la conformación, consolidación y vinculación, del único grupo local de investigadores del campo.

Dada la velocidad de los desarrollos de la NT, y los diferentes riesgos que éstas pueden representar para la salud humana y el medio ambiente, no son suficientes los cambios de conducta o estrategias individuales o grupales, sino que son necesarias políticas públicas sobre la materia.

El actual contexto político uruguayo, donde está en elaboración un Plan Estratégico de Ciencia y Tecnología (PENCTI) aparece como un escenario óptimo para la inclusión de la NT en la agenda pública.

La consideración de los beneficios y los riesgos de la NT, para la sociedad, en diversos niveles (salud, económico, cultural, laboral, ético, ambiental) emerge como un aspecto relevante de cualquier definición de política pública. Los investigadores uruguayos de NT, a partir de un cierto margen de autonomía que tienen para elegir sus campos de especialización y diferenciación en el área que trabajan, podrían constituirse en referencia regional incorporando los aspectos ELSA (éticos, sociales, legales y ambientales) a sus investigaciones.

### **Referencias**

- AAAS (American Association for the Advance of Science). (1985). *Project 2061*.  
<http://www.project2061.org/esp/publications/articles/psl/default.htm> Consultado agosto 22, 2007.
- Alves, Oswaldo Luiz (2007). Nanotecnologia: o Brasil tem tudo para crescer no setor. [Entrevista]. *Boletim Digital do Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República do Brasil*, 28, 1.

- [http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos\\_vista\\_entrevista\\_28-1\\_nae.pdf](http://lqes.iqm.unicamp.br/images/pontos_vista_entrevista_28-1_nae.pdf)  
Consultado septiembre 11, 2007.
- Bértola, Luis; Bianchi, Carlos; Darscht, Pablo; Davyt, Almícar; Pittaluga, Lucía; Reig, Nicolás; Román, Carolina; Snoeck, Michel & Willebald, Henry (2005). *Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay: Diagnóstico, Prospectiva y Políticas*.  
<http://www.iadb.org/regions/re1/econ/RE1-RN-05-001.pdf>. Consultado agosto 20, 2007.
- Cámara de Industrias del Uruguay (2007). Vinculación Universidad Empresa – Un proceso en marcha...  
<http://www.ciu.com.uy/big/innovanet/macros/TextContent.jsp?contentid=14523&version=1&channelid=1> Consultado septiembre 18, 2007.
- Capra, Fritjof (2002). *Las conexiones Ocultas*. Barcelona: Anagrama.
- CORDIS (2007). El Grupo sobre ética publica un dictamen sobre nanomedicina. *Cordis Noticias*  
[http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=ES\\_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=27032](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=ES_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=27032) Consultado septiembre 10, 2007.
- ETC Group (2006). *Boletín de prensa, mayo 23, 2006*.  
<http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?language=Spanish&key word=Synthetic+Biology&limit=15> Consultado agosto 7, 2007.
- ETC Group (2007). *Los microbios salen de la Caja de Pandora*.  
[http://www.etcgroup.org/es/materiales/publicaciones.html?pub\\_id=633](http://www.etcgroup.org/es/materiales/publicaciones.html?pub_id=633) ,  
Consultado agosto 20, 2007.
- FAN (Fundación Argentina de Nanotecnología). (2007). “Herramientas y potencialidades de la nanotecnología en Argentina”.  
[http://www.fan.org.ar/nota\\_herramientas.htm](http://www.fan.org.ar/nota_herramientas.htm). Consultado agosto 12, 2007.
- Foladori, Guillermo (2006). Nanotechnology in Latin America at the Crossroads.  
*Nanotechnology Law & Business Journal*, 3(2), 205-216.
- G-Nanotec-Uy (2006). Investigadores uruguayos unen esfuerzos para desarrollar el promisorio campo de la nanotecnología. *Uruguay con Ciencia*, 1(2), 15-17.
- Martínez Larrechea, Enrique & Chiancone, Adriana (2007). Informe al IPE sobre la situación de la educación superior en Uruguay. Buenos Aires: Instituto Internacional de Planificación de la Educación (IPE-UNESCO).
- O'Donnell, Guillermo & Oszlak, Oscar (1975). Reflexiones sobre las tendencias generales de cambio en el Estado burocrático-autoritario. *Documento Cedes, 1*, Buenos Aires: CEDES.
- PDT (Programa de Desarrollo Tecnológico). Ministerio de Educación y Cultura (s/f) ¿Que es el PDT? <http://www.dicyt.gub.uy/pdt/pdt.html> Consultado septiembre 18, 2007.
- Pereyra, Mariana (2007). Reunión Ciencia, Tecnología y Sociedad III, junio 22, 2007. Montevideo: Facultad de Ciencias, UdelaR.
- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo). (2006). *Human Development Report 2006*. <http://hdr.undp.org/hdr2006/statistics/indicators/128.html>  
Consultado septiembre 11, 2007.
- PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2007). Comunicado de prensa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <http://www.pnuma.org/cp02feb2007-anuariogeo.pdf> Consultado agosto 22, 2007.
- Presidencia de la República Oriental del Uruguay (2006). *Construyendo entre todos un Marco de Bioseguridad*. 21 de abril.

<http://www.presidencia.gub.uy/Web/noticias/2006/04/2006042102.htm>

Consultado junio 2, 2007.

Redes Amigos de la Tierra (2007). Nuevo informe de Amigos de la Tierra: ¿Quién se beneficia con los transgénicos? <http://www.redes.org.uy/print.php?sid=259>

Consultado junio 10, 2007.

RICYT (Red de indicadores de ciencia y tecnología). (s/f). Indicador 15. Investigadores por sector. [www.ricyt.edu.ar/indicadores/comparativos/15.xls](http://www.ricyt.edu.ar/indicadores/comparativos/15.xls) Consultado septiembre 17, 2007.

Synthetic Biology (2006). Synthetic Biology 2.0 Conference. Mayo 2006, Berkeley, California. <http://syntheticbiology.org> Consultado agosto 22, 2007.

Unión Europea – MERCOSUR (2005). Contrato número ALA/2005/017-350.

*Programa de Apoyo al desarrollo de las Biotecnologías en el MERCOSUR – BIOTECH.*

<http://www.mrree.gub.uy/mercosur/grupomercadocomun/Reunion61/AnexoIII/RES58-05.htm> Consultado agosto 15, 2007.