

---

# FONDOS PÚBLICOS PARA LA INVESTIGACIÓN EN NANOTECNOLOGÍAS EN MÉXICO Y EL CAMBIO DE PARADIGMA DE LA POLÍTICA DE CTI

MÓNICA ANZALDO, MICHELLE CHAUVET y LUIS A. MALDONADO

---

## RESUMEN

La gobernanza de las nanotecnologías (NT) comprende un conjunto de aspectos que van desde el financiamiento a las actividades de investigación y desarrollo, hasta la evaluación y regulación de sus aplicaciones. Este artículo analiza la gobernanza de las NT en México en la vertiente específica del financiamiento público a las actividades de investigación, desarrollo e innovación. El estudio utiliza datos de los apoyos otorgados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a la investigación en NT durante el periodo 2002-2011. Se utiliza el marco analítico de los paradigmas de la política de ciencia desarrollado por Ruivo y aplicado por Casas y Dettmer para estudiar el caso mexicano. Así, se plantea que los cambios en la orientación de la política nacional de CyT

de los últimos años han tendido a la consolidación del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica, lo cual se evidencia en: i) cambios de peso en la distribución de los recursos, donde poco más del 50% se otorgó a proyectos de investigación orientada e innovación; ii) viraje en la asignación de recursos del sector académico al empresarial; iii) creación de instrumentos de ese paradigma como las redes de investigación, los parques tecnológicos, los estímulos a la innovación, las áreas estratégicas; y iv) incorporación de nuevos actores en la generación de conocimiento. Asimismo, el artículo presenta hallazgos sobre la conformación de un eje geográfico de desarrollo en NT y concluye con una reflexión sobre los déficits de su gobernanza en México.

Las nanotecnologías (NT), entendidas como el desarrollo y aplicación de estructuras y materiales con propiedades novedosas que derivan de su tamaño en el intervalo de 1-100nm, se consideran una plataforma tecnológica de amplias expectativas económicas; su gobernanza comprende un conjunto de aspectos que van desde el financiamiento a las actividades de investigación e innovación hasta la evaluación y regulación de sus aplicaciones. Un actor

relevante de la gobernanza es el Estado, que tiene el papel de financiar y conducir el desarrollo científico y tecnológico hacia objetivos sociales y la responsabilidad de prevenir efectos no deseados derivados de las aplicaciones tecnológicas. Ejemplos de gobernanza de las NT son la Iniciativa Nacional en Nanotecnología de los Estados Unidos o los controles regulatorios aprobados en 2009 por el Parlamento Europeo sobre los productos cosméticos que contienen nanomateriales.

En México, las NT se configuran como un campo científico y tecnológico en pleno crecimiento. En términos de su producción científica, México ocupa el segundo lugar en la región de América Latina y el Caribe, después de Brasil (OICTI, 2008), y el penúltimo entre los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2009). En términos de invención, México se ha quedado muy rezagado; hasta 2007 contaba con sólo 28 títulos de patentes registradas

---

**PALABRAS CLAVE / Ciencia y Tecnología / Financiamiento Público / Gobernanza de la Tecnología / Nanotecnologías / Política Científica /**

Recibido: 06/04/2013. Modificado: 06/01/2014. Aceptado: 09/01/2014.

**Mónica Anzaldo Montoya.** Doctorante del Programa sobre Desarrollo Científico y Tecnológico para la Sociedad, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). Dirección: Apartado Postal 14-740, 07000 México, D.F. e-mail: manzaldo@cinvestav.mx

**Michelle Chauvet.** Doctora en Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. e-mail: ecs@azc.uam.mx

**Luis A. Maldonado.** Doctor en Ciencias Naturales, Rheinisch-Westfaelische Technische Hochschule Aachen, Alemania. Investigador, CIVESTAV-Mérida. e-mail: maldonad@mda.cinvestav.mx

---

(OICTI, 2008). Asimismo, la importancia que el sector industrial ha otorgado a las NT, junto con el aumento de productos con nanomateriales circulando en el mercado, han dado lugar a un creciente interés académico por estudiar la dinámica e impactos de esta tecnología en el contexto nacional. Desde las ciencias sociales, el desarrollo de las NT se aborda a partir de diversos enfoques, entre los que se encuentran los estudios del desarrollo (Foladori y Záyago, 2008), la economía política (Delgado, 2008, 2011), la ciencia-metría y el análisis de redes (Robles-Belmont *et al.*, 2008; Robles-Belmont y Vinck, 2011). Asimismo, algunos estudiosos se han dado a la tarea de generar un registro de las empresas que utilizan NT en el país (Záyago *et al.* 2011). Los autores discuten aspectos importantes de la gobernanza de las NT en México; sin embargo, se carece de datos empíricos que den cuenta de la intensidad y la orientación con que el Estado mexicano ha incidido en la trayectoria de estas tecnologías durante los últimos años.

En este trabajo se analiza la gobernanza de las NT en México en la vertiente específica del financiamiento público a las actividades de investigación, desarrollo e innovación. El análisis se realiza con datos de los apoyos otorgados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a la investigación en NT durante el periodo 2002-2011, que ascendieron a  $1,793 \times 10^6$  pesos mexicanos, equivalentes a  $\sim 128 \times 10^6$  USD. Como marco analítico se utiliza el enfoque de los paradigmas de la política de ciencia desarrollado por Ruivo (1994) y aplicado por Casas y Dettmer (2003) para estudiar el caso mexicano.

Así, se plantea que los cambios en la orientación de la política nacional de ciencia y tecnología (CyT) de los últimos diez años han tendido a la consolidación del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica, lo cual se evidencia en: i) la evolución del financiamiento público a la investigación en NT, concretamente en los cambios de peso en la distribución de los recursos en donde más del 50% de este financiamiento se otorgó a proyectos de investigación orientada e innovación; ii) en el viraje en la asignación de recursos del sector académico al empresarial; iii) en la creación de instrumentos característicos de ese paradigma, tales como las redes, los parques tecnológicos, los estímulos a la innovación, áreas estratégicas; y iv) la incorporación de nuevos

actores en la generación de conocimiento científico, como es el caso del papel que ha tenido el Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología (I2T2) de Nuevo León en el desarrollo de las NT en el norte del país.

El trabajo se divide en cuatro secciones. En la primera se presenta el marco interpretativo de los paradigmas de la política de ciencia y tecnología, en la segunda se describe la metodología empleada, en la tercera se presentan y discuten los resultados obtenidos, y en la última se abordan las conclusiones.

### **Marco Interpretativo de los Paradigmas de la Política de CyT**

Ruivo (1994) desarrolló el concepto de 'paradigmas de la política de ciencia' para describir las etapas o fases por las que han transcurrido estas políticas desde su institucionalización en la década de los '40 hasta finales del siglo XX, y propuso esta noción como un marco de análisis del diseño de estas políticas. Dichos paradigmas son: 1) la ciencia como motor de progreso situada en la década de los '60 y principios de los '70, 2) la ciencia como solucionadora de problemas que se ubica en la década de los '70 y 3) la ciencia como fuente de oportunidad estratégica que comienza en la década de los '80. Cada uno de estos paradigmas se caracteriza por el modelo de cambio tecnológico, el tipo de investigación que se enfatiza, la prioridad temática, los instrumentos de financiamiento, los indicadores de evaluación, así como las instituciones y los mecanismos de explotación de los resultados de la investigación.

De manera sucinta, el primer paradigma se distingue por ser una etapa en la que el modelo de cambio tecnológico se concibe como un proceso lineal; el foco de los instrumentos de política está en la investigación básica y la educación. Los temas de investigación se abocan a los grandes proyectos científicos, como por ejemplo los programas de energía nuclear, la investigación espacial y militar. El papel del gobierno consiste en transferir recursos económicos a los científicos a fin de que éstos desarrollen sus actividades en completa libertad, mientras la institución científica goza de un alto prestigio internacional. En el segundo paradigma, el de la ciencia como solucionadora de problemas, continúa el modelo lineal del cambio tecnológico, pero se otorga

mayor importancia a la demanda; es decir, se considera que el entorno económico, el mercado y la sociedad son los que deben incidir en los temas de investigación. Los científicos pierden autonomía y el gobierno adquiere mayor injerencia en la conducción de las actividades científicas. Los recursos se orientan a la investigación aplicada, enfocada a la resolución de los problemas económicos y sociales más urgentes. Surgen nuevas instituciones para evaluar los resultados de la ciencia.

Finalmente, el tercer paradigma, el de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica, sostiene la idea de que el cambio tecnológico es un complejo proceso en el que intervienen diferentes actores e instituciones. Los temas de investigación son seleccionados a partir de una planeación prospectiva, los instrumentos de política incentivan investigación básica estratégica, interdisciplinaria y en colaboración. Para acelerar los flujos de conocimiento y la innovación, surgen nuevas instituciones público-privadas que actúan como interfase entre universidades y empresas, como los parques tecnológicos. En este paradigma, el gobierno tiene un papel de gestor de recursos (Ruivo, 1994).

En esta misma línea de trabajo, Velho (2011) publicó recientemente un análisis de las etapas de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, del que consideramos pertinente mencionar al menos dos de sus planteamientos. El primero de ellos se refiere a la lógica del cambio en los paradigmas de la política de ciencia, tecnología e innovación (CTI). La autora sostiene que es el concepto dominante de ciencia el que explica estas transiciones. Dicho de otro modo, las concepciones cambiantes de ciencia responden a las transformaciones internas de la actividad científica (su profesionalización, institucionalización en las universidades, empresas, etc.) y a transformaciones vinculadas con la percepción social de la misma; por ejemplo, la idea generalizada de que la ciencia promueve el crecimiento económico ha sido objetada con el hecho de que la apropiación del conocimiento científico perpetúa las desigualdades sociales (Dagnino, 2010). Por otra parte, el concepto de ciencia también se ha ido transformando a través de las reflexiones de intelectuales que han ido construyendo y deconstruyendo los principios y fines de la actividad científica. Estas reflexiones han influido paulatina-

mente en otros órdenes sociales como las políticas públicas.

De esta manera Velho (2011), retomando la tipología de Ruivo (1994), describe tres conceptos de ciencia: el primero de ellos considera que la ciencia es una actividad 'autónoma y neutral'; el segundo preserva la imagen de neutralidad de la ciencia, pero emerge la idea de una 'ciencia que debe ser controlada' para evitar efectos ambientales no deseados; el tercero, que corresponde al paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica, es el concepto de 'ciencia construida socialmente'. Bajo este concepto se vinculan dos perspectivas; la primera surge en círculos académicos relativistas, para quienes el conocimiento científico es 'contingente y socialmente localizado'; la segunda, la que ha permeado en el discurso de la política de CyT, la ciencia es un 'factor económico' y, por tanto, lo que se investiga debe vincularse a los campos más innovadores y esto atañe también a la investigación que se realiza en universidades y centros públicos.

En cuanto al segundo planteamiento, Velho (2011) esboza un nuevo paradigma, el de la 'ciencia para el bien de la sociedad'. Este paradigma propone estar modelado por "una ciencia culturalmente situada y construida, que incorpora conocimientos locales y abre espacios para estilos nacionales de producción, junto a los universales" (Velho, 2011, p.116). Bajo este planteamiento, el nuevo paradigma podría considerarse una forma más adecuada de conducir la empresa científica y tecnológica; sin embargo, esta consideración puede ser discutible para aquellos que sostienen que la ciencia debe mantenerse lo más autónoma posible de los intereses públicos y privados. En el nuevo paradigma la autora delinea algunos aspectos centrales del debate actual de la gobernanza de la CyT, entre ellos, la gobernanza participativa, la institucionalización de los mecanismos de evaluación del impacto social y la importancia de contextualizar regional y localmente el diseño de las políticas de CTI.

Como puede apreciarse, el nuevo paradigma que propone Velho dialoga con otras perspectivas de los estudios sociales de la ciencia como por ejemplo, la propuesta de Gibbons *et al.* (1994) sobre el cambio en los modos de producción de conocimiento, la noción de ciencia posnormal de Funtowicz y Ravetz (2000) y el concepto de coproducción del conocimiento de Jasanoff (2004).

### *Los paradigmas de la política de ciencia y el caso mexicano*

El enfoque de los paradigmas de la política de ciencia ha sido utilizado por Casas y Dettmer (2003) para estudiar un amplio periodo de decisiones gubernamentales en el ámbito de la CyT en México. Los últimos años del estudio (1994-2000) coinciden con cambios políticos e institucionales relevantes en la gobernanza de la CyT en México que se comentarán más adelante; por ahora, interesa mencionar los resultados de la evaluación que hicieron estos autores en términos del enfoque de los paradigmas.

En primer lugar destaca que en el periodo 1994-2000 no se encontraron evidencias de que la política de CyT del país coincidiera con las características del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica. En su lugar, los autores encontraron mayores coincidencias con el segundo paradigma, el de la ciencia como solucionadora de problemas. En este caso, el discurso de la época señalaba la importancia de transferir recursos para la modernización tecnológica en las empresas; pero en la práctica el presupuesto se concentró en la investigación básica y la formación de recursos humanos. Dicho en otros términos, 84% del presupuesto del CONACYT en el periodo 1994-2000 se destinó a estos dos tipos de programas (Casas y Dettmer, 2003).

Los autores concluyen que en materia de CyT, el Estado mexicano no ha logrado construir "un paradigma que responda adecuadamente a las necesidades de la sociedad mexicana" y en su lugar, las decisiones se han caracterizado por tratar de responder a las concepciones e intereses de tres sectores: el científico, el empresarial y el de los tomadores de decisión (Casas y Dettmer, 2003, p. 257). Otros consideran que prevalecen dos grandes visiones; una que sostiene que el financiamiento y las decisiones sobre esas actividades corresponden casi exclusivamente al Estado, frente a otra que considera que son actividades que requieren la corresponsabilidad de los tres sectores, el sector gubernamental, el privado y el académico (Cabrerero *et al.*, 2006). En este mismo orden de ideas, Dutrénit *et al.* (2010, p. 141) sostienen que en la gobernanza de la CyT "prevalecen cuatro concepciones, la académica, la de gestión pública, la empresarial y la interactiva, pero predomina el enfoque lineal, lo cual se observa

en la concentración de recursos en instrumentos como la formación de recursos humanos y los proyectos de ciencia básica".

El punto aquí es que la conducción de la CyT ha dejado de ser jerárquica o 'discrecional' (en términos de Hagendijk e Irwin, 2006), aunque es necesario analizar con mayor profundidad hacia qué tipo de gobernanza se está transitando. El problema por el momento es que el actor gubernamental no ha logrado resolver las tensiones entre los intereses de los actores para generar una visión que dé rumbo a las actividades científicas en el país.

En este contexto, el propósito de este artículo es continuar la discusión del cambio de paradigma de la política nacional de CyT tomando como caso de estudio las NT. Aunque es un análisis que se limita a un solo campo científico-tecnológico, se pretende discutir de qué forma han permeado las ideas del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica en las decisiones de política y, particularmente, en los resultados del financiamiento.

### **Metodología**

Este estudio se realizó con datos de los apoyos otorgados por el CONACYT a la investigación en NT durante el periodo 2002-2011. Se consideró esta fuente porque el CONACYT es el organismo encargado de planear y distribuir un alto porcentaje del presupuesto federal de CyT en México. Los apoyos al campo de la NT se seleccionaron mediante la revisión del título de los proyectos aprobados en los diferentes programas de fomento del CONACYT. Este organismo opera sus programas a través de cinco tipos de instrumentos: 1) Fondos Institucionales que apoyan diversas actividades de investigación; 2) Fondos Sectoriales en los que se atienden las demandas de cada sector; 3) Fondos Sectoriales de Innovación que tienen el objetivo de financiar actividades relacionadas con la transferencia de conocimiento, la vinculación, la creación de empresas, etc.; 4) Fondos de Cooperación Internacional, y 5) Fondos Mixtos para atender las problemáticas de las entidades de la república (CONACYT, 2011). A partir de los objetivos de estos fondos, sus instrumentos y la información de los apoyos otorgados se estructuró una base de datos con la que se analizó la evolución del financiamiento de las NT.

## Financiamiento Público a la Investigación en NT en México. Hacia un Nuevo Paradigma

En esta sección se presentan y discuten los resultados del presente estudio. El análisis se concentra en vincular las ideas del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica con la visión de la política nacional de CyT, sus instrumentos y, particularmente, con los resultados del financiamiento público a la investigación en NT. Los resultados se agrupan en los siguientes componentes: a) evolución del financiamiento público de acuerdo con la orientación de la investigación, b) distribución del financiamiento público por sector, c) financiamiento público a empresas que realizan investigación en nanotecnologías, y d) geografía del financiamiento público a la investigación en nanotecnologías.

### *La investigación en NT: objetivos, instrumentos y contexto de la política de CyT*

En 2002, recién llegado a la presidencia de México, un nuevo gobierno de corte conservador anunció la publicación de una serie de documentos que modificaron las bases legales de la gobernanza de la CyT en el país, entre los más importantes se encuentran la aprobación de una nueva Ley de Ciencia y Tecnología que redefinió el proceso de toma de decisiones sobre este sector, la Ley Orgánica del CONACYT y la creación del ramo presupuestal 38 que sectoriza el presupuesto de CONACYT y de sus Centros Públicos de Investigación. Ese mismo año se aprobó el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT) 2001-2006, principal instrumento de planeación del sector de CyT. En el marco de este Programa, el gobierno expresó su visión con respecto al papel de la CyT en la que se enarbolaban los intereses del sector empresarial y, en este tenor, los objetivos de la política dieron un claro mensaje de que los recursos para investigación serían asignados preferentemente a proyectos que contribuyeran a “elevar la competitividad y la innovación de las empresas” (CONACYT, 2002, p. 66). Dicho mensaje fue reiterado con la designación en la Dirección del CONACYT de un miembro del sector empresarial, el Ingeniero Jaime Parada, quien se había desempeñado como director de empresas como Vitro y Grupo Cydsa. Además, en correspondencia con el paradigma de la

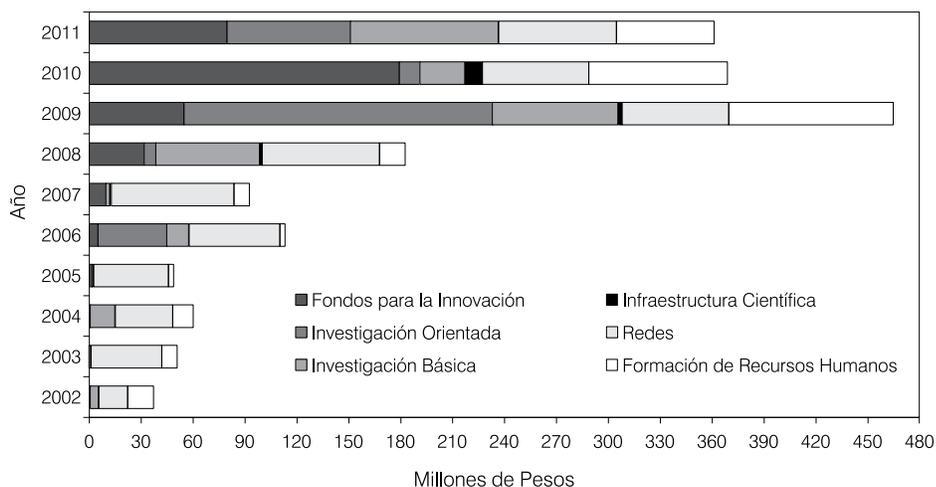


Figura 1. Evolución del financiamiento público a la investigación en nanotecnologías en México durante el periodo 2002-2011.

ciencia como fuente de oportunidad estratégica, el gobierno seleccionó cinco ‘áreas estratégicas del conocimiento’ que impulsarían la productividad de los sectores económicos. Entre ellas, las tecnologías de la información, la biotecnología y los materiales. Las NT no fueron mencionadas explícitamente como área estratégica, sino como una de las principales líneas de investigación del sector de energía; no obstante, pueden considerarse dentro del área estratégica de la investigación en materiales.

En 2008 otro gobierno, también de corte conservador, elaboró un nuevo programa, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI 2008-2012) en cuyos objetivos la CyT se conceptualizan como “precursores esenciales o variables estratégicas para potenciar la productividad y la competitividad de la economía mexicana para lograr un crecimiento económico sostenido y acelerar la creación de empleos” (PECiTI, 2008, p. 57). El propósito de la política, de acuerdo al PECiTI 2008-2012, consiste en otorgar mayor énfasis a los procesos de innovación; articular un sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación en el que se incorporan como actores relevantes a entidades del sector privado; fomentar la regionalización de las actividades de CTI; establecer un sistema de indicadores para el sector y, por primera vez, se incorpora como objetivo de política la evaluación de los recursos que se invierten en CyT (CONACYT, 2008). Es en el marco de este programa donde las NT entran de lleno a figurar en la agenda de prioridades del sector y se

incorporan como un área estratégica capaz de incidir en diversas ramas industriales.

Respecto a los instrumentos de financiamiento, en 2009 el Poder Legislativo introdujo una serie de reformas a la LCyT para incorporar el concepto de innovación. Con estas reformas, la Ley autoriza la creación de Fondos Sectoriales de Innovación (Art. 25bis), a través de los cuales el CONACYT puede otorgar recursos para la creación de redes o alianzas regionales tecnológicas y de innovación, empresas de base tecnológica, unidades de vinculación y transferencia de conocimiento, instrumentos de capital de riesgo para la innovación, y parques científicos y tecnológicos. Como puede apreciarse, los objetivos planteados en el PECiTI 2008-2012 más las modificaciones a la LCyT muestran con mayor claridad elementos del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica.

Hasta aquí se ha mencionado brevemente las características de la gobernanza de la CyT en que se inserta el desarrollo y la investigación en NT. Ahora veamos, en el comportamiento del financiamiento, la práctica de estas políticas.

### *Componentes del financiamiento público a la investigación en NT, 2002-2011*

a) *Evolución del financiamiento público de acuerdo con la orientación de la investigación.* El primer componente que se analiza es la evolución del financiamiento público a las NT de acuerdo con la orientación de la inves-

tigación; es decir, la asignación de recursos a la investigación básica, investigación orientada, a la innovación, la infraestructura o las redes. En primer lugar, el monto total asignado a las NT durante el período ascendió a  $1,793 \times 10^6$  pesos mexicanos (equivalente a  $128 \times 10^6$  USD), monto que es muy inferior a la inversión que países desarrollados y otros países emergentes dedican a este campo. Por ejemplo, tan solo en 2012 las agencias de investigación de EEUU invirtieron  $1,696 \times 10^6$  USD para estudios en NT (<http://nanodashboard.nano.gov/>).

Los resultados obtenidos con relación al primer componente de financiamiento público muestran, por una parte, un cambio significativo en el peso económico que se otorga a cada tipo de investigación y por otra, una variación en el conjunto de instrumentos. En la Figura 1 se muestra cómo, desde el primer año del período hasta 2005, el Fondo para Investigación Científica Básica y el Programa para la Formación de Recursos Humanos constituían prácticamente las únicas fuentes de financiamiento a las NT. A partir de 2006, la composición del financiamiento cambió y comenzaron a figurar otros instrumentos como los estímulos fiscales a la innovación, los proyectos de investigación orientada (principalmente de los Fondos Mixtos y Fondos Sectoriales), los apoyos para el fortalecimiento de infraestructura científica, el apoyo a la formación de redes y, en años recientes los proyectos del Fondo para la Innovación.

Por otra parte, aunque limitado, el financiamiento público para la investigación en NT ha sido creciente: en 2002 el monto asignado apenas superó los 30 MDP, mientras que en 2009, año de mayor crecimiento, éste llegó casi a los 480 MDP. La distribución de estos recursos por tipo de investigación muestra diferencias importantes. Los recursos asignados a la investigación básica permanecieron relativamente estables, registrando una tasa de crecimiento promedio anual de 0,31%. En contraste, los recursos para proyectos de investigación orientada e innovación han ido aumentando considerablemente en los últimos años. En el primer caso la tasa de crecimiento promedio anual fue de 177% y en el segundo de 85%. En cuanto al apoyo a la investigación en red, instrumento característico del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica, los resultados muestran que desde el año 2009 el CONACYT otorgó recursos en esta modalidad; no

obstante, éstos no fueron parte de un programa sino recursos otorgados para iniciativas de colaboración internacional. En el año 2010 el CONACYT creó el programa de Redes Temáticas de Investigación y fue así que se conformó la Red de Nanociencias y Nanotecnología (RNyN), que en la actualidad está integrada por 270 miembros de 48 instituciones diferentes (CONACYT, 2012). Dentro del panorama del financiamiento, el apoyo a esta red es marginal (10 MDP), tomando en consideración las expectativas y el número de instituciones que conforman la red.

*b) Distribución del financiamiento público por sector.* Otra perspectiva del financiamiento público a las NT es la distribución de los recursos según el sector (Figura 2). La finalidad del análisis por sector fue conocer qué actores participan en la gobernanza de las NT y, en particular, conocer cuál es nivel de participación de los actores no académicos. Para tal fin, este componente no considera los recursos del Fondo de Investigación Básica, que representa 29% del total del financiamiento a las NT y en el que participan fundamentalmente actores académicos como las universidades. En estos términos, los resultados muestran que el sector empresarial captó el mayor porcentaje de los apoyos (37%), seguido de los Cen-

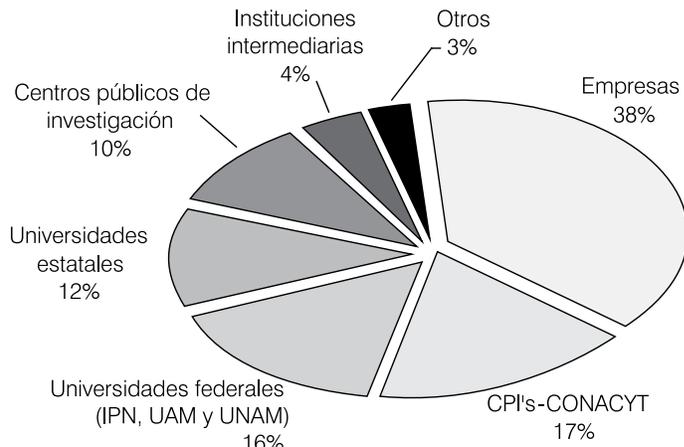


Figura 2. Distribución del financiamiento público a la investigación en nanotecnologías en México por sector durante el período 2002-2011. Los recursos del Fondo SEP CONACYT de Investigación Básica no se contemplan en esta figura.

tros Públicos de Investigación del CONACYT con 17% y, en tercer lugar, las universidades federales (UNAM, IPN y UAM) con 16%. Las empresas que captaron mayor cantidad de recursos fueron Rubio Pharma y Asociados, Servicios Administrativos Peñoles y el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Grupo KUO, empresas del sector farmacéutico, minero y del plástico, respectivamente.

En cuanto a los instrumentos, los montos más significativos provinieron del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (INNOVAPYME; INNOVATEC y PROINNOVA), seguidos por los Fondos Mixtos (principalmente los FOMIX de Nuevo León, Chihuahua y Yucatán) y, en tercer lugar, el Fondo de Cooperación Internacional. Es de destacar que gran parte de este fondo se ejerció en proyectos de colaboración con la Unión Europea,

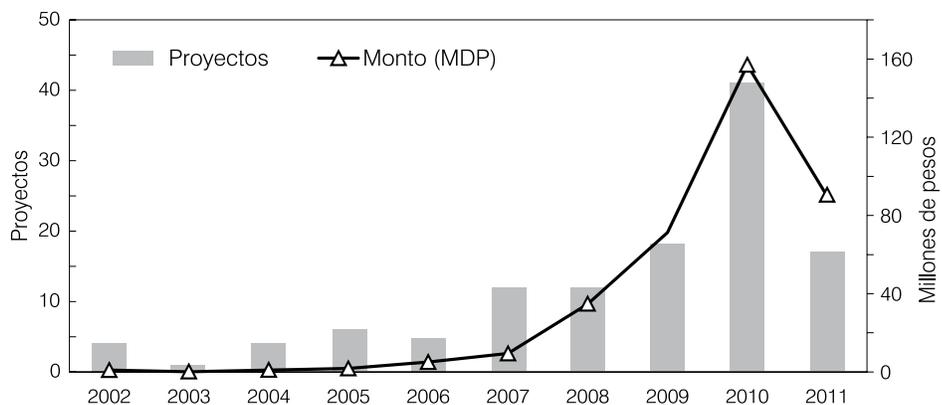


Figura 3. Financiamiento público a las empresas con sede en México para proyectos de investigación en nanotecnologías durante el período 2002-2011.

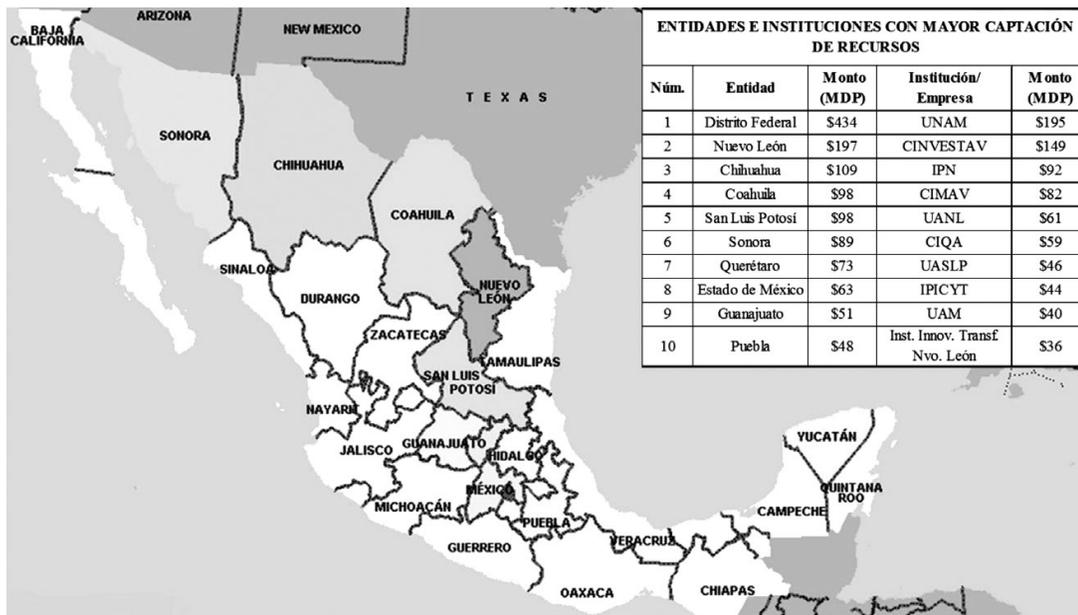


Figura 4. Distribución del financiamiento público a la investigación en nanotecnologías en México durante el periodo 2002-2011. La tabla inserta al mapa muestra las diez entidades e instituciones que captaron más recursos en el periodo.

lo que refleja de cierta manera el interés de esta región por influir en las agendas de investigación de América Latina. De manera particular, de 2008 a 2010 el gobierno mexicano acordó dos mecanismos de colaboración con esa región, el Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología UE-México (FONCICYT) y la convocatoria CONACYT-Comisión Europea en Nanociencias, Nanotecnologías, Materiales y Nuevos Procesos de Producción. Estos programas hicieron gran eco en la comunidad científica y tecnológica del país y tuvieron como objetivo la creación de consorcios público-privados. Las iniciativas aprobadas en NT fueron principalmente de los sectores minero y salud, entre los que cabe mencionar los proyectos BisNano, enfocado en aplicaciones con bismuto a nanoescala, y CuVito, orientado a desarrollar recubrimientos de cobre nanoestructurado para aplicaciones antimicrobianas.

c) *Financiamiento público a empresas que realizan investigación en NT en México.* En el tercer componente del análisis destaca el creciente interés del sector privado por incorporar las NT en sus productos. En la Figura 3 se puede constatar cómo durante todo el periodo de estudio el número de proyectos de investigación a cargo de empresas ha ido aumentando constantemente, con excepción del año 2011, cuando el número de proyectos cayó

de 41 a 17. En total fueron financiados 120 proyectos de investigación en NT, desarrollados por 74 empresas. Este número de empresas es sin duda aún muy pequeño para el tamaño de la economía del país; sin embargo, la evolución ha sido considerable tomando en cuenta que en 2008 sólo había 20 empresas en el país que manifestaron estar desarrollando proyectos con esta tecnología (SE-FUNTEC-CIMAV, 2008).

La Figura 3 muestra también la evolución en el monto asignado a las empresas. Sobre este aspecto se observa un aumento paralelo con el número de proyectos y un repunte importante de los recursos en el año 2010, el cual se explica por la creación del Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación antes señalado y la constitución del Fondo de Innovación Tecnológica entre el CONACYT y la Secretaría de Economía. En general, además de los programas mencionados, los recursos asignados a las empresas provienen de los programas de estímulos fiscales, el Fondo de Cooperación Internacional y algunos Fondos Mixtos como el de Nuevo León y Coahuila.

Respecto al tamaño de la empresa, se encontró que la mayoría (33) son grandes empresas, le siguen las micro y pequeñas empresas (29) y el resto son empresas medianas. Estos resultados son interesantes considerando que en México las micro y peque-

ñas empresas tienen pocos recursos para incursionar en desarrollos tecnológicos propios. Para explicar estos resultados es necesario contar con mayor información sobre el perfil de las empresas y el tipo de desarrollos que están realizando, lo que se encuentra más allá de los objetivos de este trabajo. En relación con el sector económico, la mayoría de las empresas son del ramo químico, seguidas por las del farmacéutico, minero y de la construcción.

d) *Geografía del financiamiento público a la investigación en NT.* La necesidad de descentralizar las actividades de investigación y desarrollo en el país y, más aún, la regionalización de las políticas

de CyT son aspectos que han señalado reiteradamente tanto los estudiosos del tema como los tomadores de decisión (Cabrero *et al.*, 2006; FCCT, 2006; Dutrénit *et al.*, 2010). La importancia de impulsar la creación de 'sistemas regionales de innovación' es un concepto que actualmente forma parte del discurso político y que se vincula también con el paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica. En este aspecto, la evolución del financiamiento público a la investigación en NT permite tener una fotografía de estos aspectos a lo largo del territorio nacional (Figura 4).

El análisis de los datos indica que el Estado mexicano ha financiado proyectos vinculados a las NT en buena parte del territorio nacional, con excepción de cinco entidades: Baja California Sur, Durango, Tlaxcala, Nayarit y Guerrero. Los datos también muestran que poco menos de la tercera parte del financiamiento y de las capacidades científicas en NT se concentran en instituciones académicas localizadas en el Distrito Federal, primordialmente en la UNAM, el CINVESTAV, el IPN y la UAM, lo que corrobora que la entidad federativa con mayor captación de recursos sigue siendo el Distrito Federal.

No obstante esa concentración de recursos, la Figura 4 muestra que se está configurando un eje geográfico de desarrollo en NT que comprende los estados del centro-norte

del país, comenzando con Puebla y el Distrito Federal, siguiendo al norte por el Estado de México, Querétaro, San Luis Potosí, Nuevo León, Coahuila, Chihuahua y Sonora. En esta región se encuentran laboratorios con equipos altamente especializados como el Centro de Nanociencias y Micro-Nanotecnología del IPN y el recientemente inaugurado Laboratorio de Nanoscopia Electrónica (LANE) del CINVESTAV, ambos ubicados en el Distrito Federal. Hacia el noreste del país se ubican los dos Laboratorios Nacionales en Nanotecnologías; uno de ellos en el CIMAV, en el estado de Chihuahua, y otro en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPCYT), en la ciudad de San Luis Potosí. La región alberga también al Cluster de Nanotecnología, la Incubadora de Nanotecnología que se encuentra dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) y el (I2T2). Estas tres entidades tienen su sede en la ciudad de Monterrey y son, además, ejemplo de los nuevos actores de naturaleza público-privada del paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica. Estos actores han tomado el papel de impulsar la aplicación de las NT en el país, como es el caso del I2T2, que de acuerdo con los datos recabados es una de las diez instituciones con mayor captación de recursos públicos (Figura 4).

## Reflexión Final

En este trabajo se analizó la inversión que el Estado mexicano ha hecho a la investigación en NT durante el período 2002-2011. El análisis se realizó utilizando el marco analítico de los paradigmas de la política de ciencia descrito en la primera sección, el que permitió identificar las características y orientaciones presentes en la conducción de la CyT en México. La cuestión central fue mostrar de qué forma, tanto en la visión de los documentos rectores de la política de CyT como en la evolución del financiamiento público a las NT, existen evidencias que sugieren que la gobernanza de la CyT en México se mueve, de forma paulatina, hacia el paradigma de la ciencia como fuente de oportunidad estratégica. Esto se observa, por ejemplo, en la visión explícita de que la ciencia debe potenciar la competitividad industrial junto con el establecimiento de áreas estratégicas en lugar de prioridades nacionales; el énfasis en la noción de innovación y la idea de que el cambio tecnológico es un proce-

so complejo entre actores e instituciones diversas, lo cual se muestra en las reformas a la LCyT de 2009, que permitieron la creación de nuevos instrumentos para promover la investigación interdisciplinaria y en colaboración, como ha sido el caso de las redes, los parques científicos y tecnológicos, la colaboración internacional, las entidades de vinculación o la creación de empresas tecnológicas.

Asimismo, la evolución del financiamiento a las NT muestra los cambios de peso en la distribución de los recursos, los cuales se han ido transfiriendo de los tradicionales programas de fomento a la investigación básica y la formación de recursos humanos a los enfocados a la investigación aplicada y la innovación. Esta conclusión, no obstante, se limita a lo observado en el caso aquí estudiado, por lo que se requiere analizar el comportamiento global del financiamiento público a la investigación y el de cada área estratégica.

Por otra parte, como se mencionó al inicio del artículo, la gobernanza de las NT no implica únicamente que los actores involucrados generen las condiciones para producir nuevos materiales, productos y dispositivos con propiedades únicas y novedosas; la difusión de esta tecnología plantea incertidumbres de tipo técnico, jurídico, político, ético y social. Concretamente, estamos hablando de la evaluación y gestión de riesgos a la salud y al medioambiente de los nanomateriales, el etiquetado de productos con nanomateriales, el establecimiento de lineamientos de seguridad para los trabajadores que los manipulan, entre otros. Es necesario que estos aspectos sean contemplados como parte de la gobernanza de la CyT, o como propone Velho, conformen un nuevo paradigma en el que la ciencia sea para el bien de la sociedad.

En el caso de México existen déficits en la gobernanza de las NT que están directamente relacionados con el tema del financiamiento público, entre ellos la inexistencia de programas para la investigación de los efectos toxicológicos/eco-toxicológicos de los nanomateriales, así como estudios sociales y económicos. Por otra parte, además de que México no cuenta aún con un programa nacional que conduzca el desarrollo de las NT a objetivos socialmente pertinentes, se carece de iniciativas nacionales que propicien el entendimiento amplio de esta tecnología, de sus posibilidades técnicas y de sus riesgos. Por último, un

aspecto que no puede quedar sin mencionar es el que tiene que ver con el destino de los recursos públicos para beneficio privado. La discusión de este controversial tema rebasa los objetivos de este artículo, pero sin duda este debe ser incluido en la gobernanza de las NT.

## REFERENCIAS

- Cabrero E, Valadés D, López-Ayllón S (eds.) (2006) *El Diseño Institucional de la Política de Ciencia y Tecnología en México*. CIDE/IIJ-UNAM. México. 302 pp.
- Casas R, Dettmer J (2003) Hacia la definición de un paradigma. En Santos Corral MJ (Ed.) *Perspectivas y Desafíos de la Educación, la Ciencia y la Tecnología*. IIS-UNAM. México. pp. 197-270.
- CONACYT (2002) *Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT), 2001-2006*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 191 pp.
- CONACYT (2008) *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECTI), 2007-2012*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 118 pp.
- CONACYT (2011) *Ley de Ciencia y Tecnología*. Cámara de Diputados. Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. 43 pp.
- CONACYT (2012) *Informe Final 2010-2011*. Red Temática de Nanociencias y Nanotecnología. Dirección de Redes. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 15 pp.
- Dagnino R (2010) *Tecnología Social: Ferramentas para Construir outra Sociedade*. Komed. Brasil. 297 pp.
- Delgado GC (2008) *Guerra por lo Invisible: Negocio, Implicaciones y Riesgos de las Nanotecnologías*. CEIHCJ/UNAM. México. 430 pp.
- Delgado GC (2011) Nanotecnología, economía y sociedad: retos y paradigmas desde una perspectiva del caso mexicano. En Tekeuchi N (Ed.) *Nanociencia y Nanotecnología. Panorama Actual en México*. UNAM. México. pp. 221-250.
- Parlamento Europeo (2009) *Reglamento (CE) N° 1223/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de Noviembre sobre los Productos Cosméticos*. Diario Oficial de la Unión Europea. Bruselas, Bélgica. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:342:0059:0209:e:s:pdf> (Cons. 11/2012).
- Dutrénit G, Capdeville M, Corona JM, Puchet M, Santiago F, Vera-Cruz A (2010) *El Sistema de Innovación Mexicano. Instituciones, Políticas, Desempeño y Desafíos*. Universidad Autónoma Metropolitana, México. 446 pp.
- FCCT (2006) *Diagnóstico de la Política Científica, Tecnológica y de Fomento a la Innovación en México (2000-2006)*. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. México. 285 pp.
- Foladori G, Záyago E (2008) México se incorpora a la nueva revolución industrial de las nanotecnologías. En Foladori e In-

- vernizzi (Coords.) *Las Nanotecnologías en América Latina*. Universidad Autónoma de Zacatecas/Porrúa. México. pp. 105-123.
- Funtowicz S, Ravetz J (2000) *La Ciencia Pos-normal*. Icaria. Barcelona, España. 109 pp.
- Gibbons M, Limonges H, Nowotny H, Schwartznan S, Scott P, Trow M (1994) *The New Production of Knowledge*. Sage. Londres, RU. 179 pp.
- Hagedijk R, Irwin A (2006) Public deliberation and governance: engaging with science and technology in contemporary Europe. *Minerva* 44: 167-184.
- Irwin A (2006) The politics of talk: Coming to terms with the 'new' scientific governance. *Soc. Stud. Sci.* 36: 299-320.
- Jasanoff S (2004) *States of Knowledge: The Co-Production of Science and the Social Order*. Routledge. Londres, RU. 315 pp.
- OCDE (2009) *Nanotechnology: An Overview Based on Indicators and Statistics*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Paris, Francia. 112 pp.
- OICTI (2008) *La Nanotecnología en Iberoamérica. Situación Actual y Tendencias*. Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología e Innovación. OEI/AECID. www.oei.es/observatoriocts/index.php?option=com\_content&view=article&id=12&Itemid=3 (Cons. 11/2012).
- Robles-Belmont E, Vinck D (2011) A panorama of nanoscience developments in Mexico based on the comparison and crossing of nanoscience monitoring methods. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 11: 5499-5507.
- Robles-Belmont E, Vinck D, De Gortari R (2008) Desarrollo de las nanociencias en México: una visión a partir de las publicaciones científicas. *NanoMex 2008 Encuentro Internacional e Interdisciplinario en Nanociencia y Nanotecnología*. (4-5/11/2008). Ciudad Universitaria, México, DF.
- Ruivo B (1994) Phases or paradigms of science policy. *Sci. Public Policy* 2: 157-164.
- SE-FUNTEC-CIMAV (2008) *Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México*. CIMAV / FUNTEC / Secretaría de Economía. México. www.nanored.org.mx/documentos/Diagnostico%20y%20Prospectiva%20Nanotecnologia%20en%20Mexico.pdf (Cons. 11/2012).
- Velho L (2011) *La ciencia y los paradigmas de la política científica, tecnológica y de innovación*. En Arellano Hernández A, Kreimer P (Eds.) *Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología desde América Latina*. Siglo del Hombre. Bogotá, Colombia. pp. 99-125.
- Záyago E, Foladori G, Figueroa E (2011) Toward an inventory of nanotechnology companies in Mexico. *Nanotechnol. Law Bus.* 9: 283-292.

## PUBLIC FUNDS FOR NANOTECHNOLOGY RESEARCH IN MEXICO AND THE CHANGE IN PARADIGM OF THE STI POLICY

Mónica Anzaldo, Michelle Chauvet and Luis A. Maldonado

### SUMMARY

*The governance of nanotechnologies (NT) comprises several aspects, from the funding of research activities to the evaluation and regulation of its applications. This paper analyzes NT governance in Mexico from the specific aspect of public funding for research, development and innovation activities. The study utilizes data about the support given by the National Council of Science and Technology to research in NT during the period 2002-2011. The analytical framework of science policy paradigms developed by Ruivo and by Casas and Dettmer is used to study the Mexican case. Thus, it is considered that the changes in the orientation of the national S&T policy in the last years has tended to the consolidation of the paradigm of science as*

*a source of strategic opportunity, which is evidenced by: i) important changes in the distribution of the funds, where somewhat over 50% was given to projects of oriented research and innovation; ii) switch in the fund allocation from the academic to the entrepreneurial sector; iii) creation of elements of this paradigm such as research networks, technological parks, stimuli to innovation, strategic areas; and iv) incorporation of new actors in the generation of knowledge. The paper also presents findings about the conformation of a geographical axis of NT development and concludes with a reflection on its governance deficit in Mexico.*

## FUNDOS PÚBLICOS PARA A INVESTIGAÇÃO EM NANOTECNOLOGIAS NO MÉXICO E A MUDANÇA DE PARADIGMA DA POLÍTICA DE CTI

Mónica Anzaldo, Michelle Chauvet e Luis A. Maldonado

### RESUMO

*A governança das nanotecnologias (NT) compreende um conjunto de aspectos que vão desde o financiamento às atividades de investigação e desenvolvimento, até a avaliação e regulação de suas aplicações. Este artigo analisa a governança das NT no México na vertente específica do financiamento público para as atividades de investigação, desenvolvimento e inovação. O estudo utiliza dados dos apoios outorgados pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia para a investigação em NT durante o período 2002-2011. Utiliza-se o marco analítico dos paradigmas da política de ciência desenvolvido por Ruivo e por Casas e Dettmer para estudar o caso mexicano. Assim, se sugere que as mudanças na orientação da política nacional de C e T dos últimos anos tendem à consolidação do paradigma*

*ma da ciência como fonte de oportunidade estratégica, o qual se evidencia em: i) mudanças de peso na distribuição dos recursos, onde pouco mais de 50% se outorgou a projetos de investigação orientada e inovação; ii) guinada na designação de recursos do sector acadêmico ao empresarial; iii) criação de instrumentos desse paradigma como as redes de investigação, os parques tecnológicos, os estímulos à inovação, as áreas estratégicas; e iv) incorporação de novos atores na geração de conhecimento. Da mesma forma, o artigo apresenta achados sobre a conformação de um eixo geográfico de desenvolvimento em NT e conclui com uma reflexão sobre os déficits de sua governança no México.*