

La nanotecnología y su inserción en el desarrollo

Edgar Zayago Lau

37

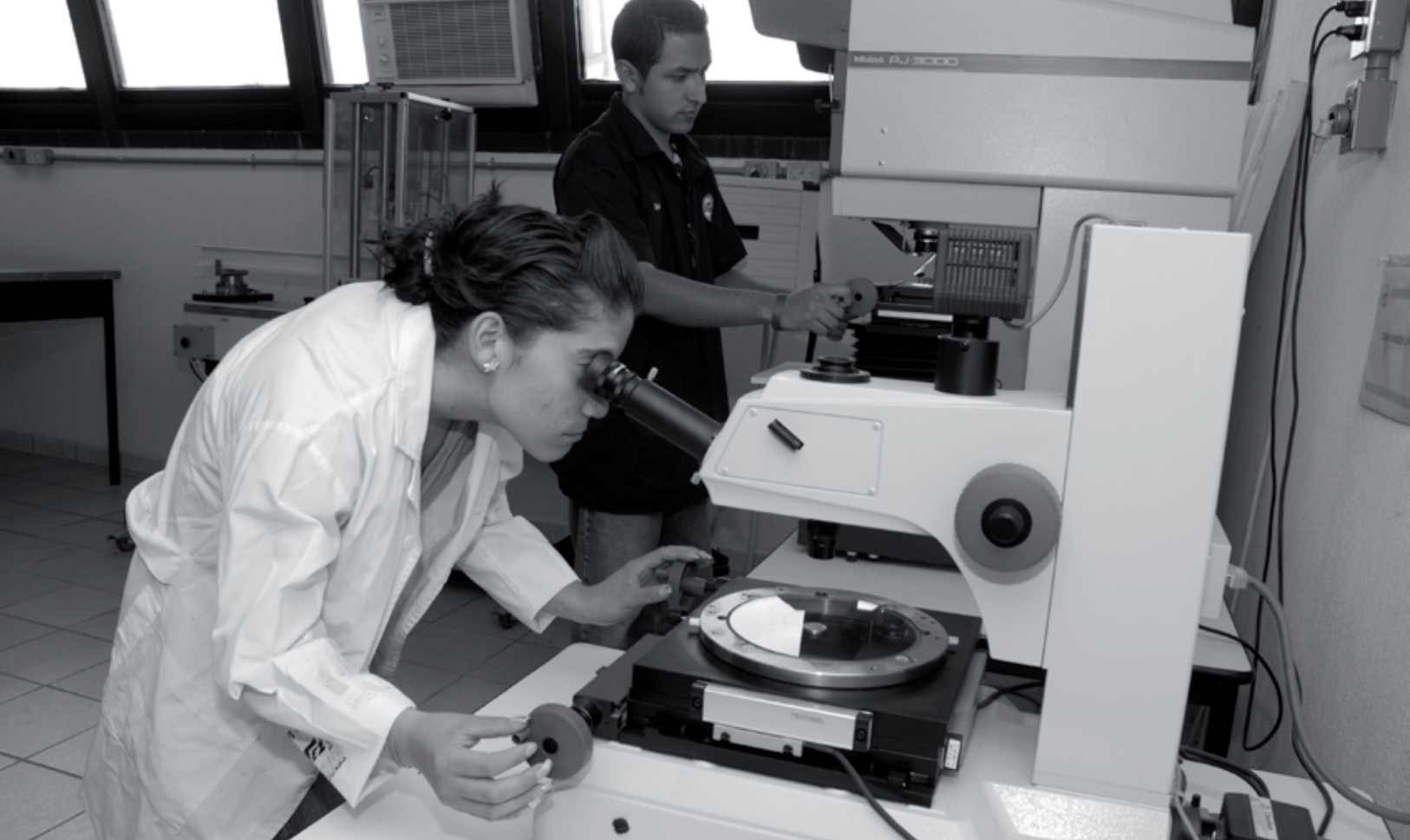
Varias tecnologías se han vinculado con el fin del hambre (revolución verde), la paz mundial (ict), la abundancia (biotecnología) y la prolongación de la salud humana (tecnologías biopotenciadas). Hoy, toca el turno a la nanotecnología (nt). La plataforma tecnológica que, para muchos, es base de la siguiente revolución industrial y que, para otros tantos, no resolverá los problemas sociales, ya que éstos son resultados de trayectorias socioeconómicas y no de disponibilidad tecnológica. En este artículo hacemos un esfuerzo para dimensionar la forma en que la nt se inserta en el «proyecto» de desarrollo.

TECNOLOGÍA A NIVEL MOLECULAR

La nanotecnología (NT) es, posiblemente, la plataforma tecnológica más importante del último siglo. Su potencial técnico toma lugar a nivel molecular, a escala nanométrica. Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro. Las propiedades químicas, físicas, biológicas y toxicológicas en esta escala cambian respecto al mismo material en su escala mayor. Esto se debe a dos razones. Primero, las partículas en la nanoescala tienen una mayor superficie de contacto en relación a su unidad de volumen, lo que hace que éstas tengan mayor reacción. Por ejemplo, si a un elefante se le arroja una piedra de 150 gramos, probablemente éste

ignore el movimiento, la masa y el impacto que la piedra tiene sobre su alrededor o, incluso, sobre su mismo cuerpo. En contraste, si la misma piedra se arroja al paso de una hormiga, ésta percibirá con mayor intensidad la vibración, el movimiento y la masa de la piedra, si es que la piedra no termina por aplastar al pobre insecto. Segundo, el efecto cuántico, es decir, el comportamiento de los átomos y sus estructuras que resulta del constante cambio en la multiplicidad de estados de la materia. En resumen: a menor tamaño, mayor reactividad.

La primer mención sobre la posibilidad de modificar conscientemente la materia en esta escala tomó lugar en el Instituto Tecnológico de California (Caltech) de Estados Unidos. Richard Feynman, futuro premio



Nobel de Física, pronunció su famoso discurso «There is Plenty of Room at the Bottom» («Hay suficiente lugar en el fondo»), donde consideraba la posibilidad de la manipulación directa de átomos para potenciar las aplicaciones tecnológicas del momento.¹ Nuevos dispositivos, como el microscopio de efecto túnel, permitieron la manipulación de la materia, átomo por átomo. Esto aceleró el advenimiento de la NT. El primer gobierno en tomar en serio a la NT fue China, ya que a mediados de los noventa la incluyó en su plan quinquenal de desarrollo. Empero, Estados Unidos fue el país que impulsó con mayor aplomo el desarrollo de esta tecnología. En 2000, el entonces presidente William Clinton anunció en Caltech el lanzamiento de la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (INN) con un presupuesto inicial de 500 millones de dólares. Se estima que a la fecha Estados Unidos ha invertido en investigación y desarrollo (I+D) de NT cerca de 18 mil millones de dólares.²

El desarrollo de materiales más resistentes, más flexibles, con mayor conductividad, ha marcado la trayectoria de la NT. Su potencial tecnológico se puede observar en muchos materiales, incluyendo el carbón. Este material es uno de los más comunes en la Tierra, de hecho en el universo, y todo organismo vivo conocido

contiene moléculas de este compuesto. En su forma de grafito, como el contenido en lápices, mantiene una conductividad eléctrica efectiva, pero es extremadamente frágil. En contraste, el carbono en su forma de diamante es extremadamente resistente. En la escala de Mohs, una escala que mide la dureza de un material de acuerdo a su capacidad para alterar a otro, el diamante sólo se altera al contacto con otro diamante. En cuanto a su conductividad eléctrica, es un perfecto aislante, lo cual ha sido aprovechado en otras áreas científicas e industriales. La nanotecnología hizo posible la manufactura de los nanotubos de carbono que pueden tener un diámetro de un nanómetro y un sinnúmero de aplicaciones industriales. Los nanotubos son súperconductores eléctricos y son cien veces más resistentes que el acero, además de ser seis veces más ligeros.

El potencial productivo de la nanotecnología puede usarse para desarrollar nuevos productos y servicios, así como revolucionarias aplicaciones. Por ello, esta tecnología cautiva el interés de gobiernos, empresas, instituciones internacionales e investigadores. El objetivo es crear productos más competitivos en el mercado mundial. Por ello, países industrializados y países subdesarrollados se han embarcado en una batalla para

aprovechar esta tecnología y comercializar las propiedades en la nanoescala.

LA CUESTIÓN DEL DESARROLLO

¿Qué tiene que ver la nanotecnología con el desarrollo? Para contestar esta pregunta habrá que explorar el origen del *proyecto* de desarrollo, así como su morfología institucional.

La preocupación por estudiar el desarrollo social apareció en siglo XVIII, en el periodo conocido como la Ilustración. El pensamiento se enfocó en combatir la ignorancia, el absolutismo, la superstición y, al mismo tiempo, en mejorar la economía, la política y la condición social en general. No obstante, el proyecto macrosocial basado en la cooperación internacional, que se configura en una serie de instituciones supranacionales, como el Banco Mundial (BM), nació durante la Guerra Fría.³ El Departamento de Estado estadounidense temía que las antiguas colonias en América Latina, África y Asia siguieran el camino de la Unión Soviética hacia la industrialización y el crecimiento económico. En consecuencia, el presidente de ese entonces, Harry S. Truman, anunció en 1949 el Programa Punto Cuatro que buscaba, entre otras cosas, impedir que los países subdesarrollados cayeran presas del comunismo soviético. El proyecto de desarrollo debía consistir, pues, en consolidar el modo de producción capitalista e impedir el surgimiento de otra alternativa. Un aspecto clave de este programa era promover el «conocimiento y las habilidades técnicas» de los países subdesarrollados mediante la transferencia de conocimiento científico y tecnológico desde Estados Unidos.⁴ A partir de ese momento se condicionó el apoyo de este país a cambio de que los países subdesarrollados persiguieran un modelo de desarrollo a imagen y semejanza de la nación estadounidense. Esto implicaba, en primer lugar, aceptar la asistencia de Estados Unidos en materia de ciencia y tecnología (CYT), y, en segundo, integrar a la CYT al camino del mercado libre, competitivo, capitalista.

El arreglo institucional mundial ha jugado un papel importante en implementar esta visión y en dirigir la trayectoria de desarrollo de la CYT en los países subdesarrollados. El Grupo BM se configuró en varias instituciones. El Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (BIRD) y la Asociación Internacional de Fomento (AIF) son los actores más importantes del BM y están encar-

La nanotecnología es, posiblemente, la plataforma tecnológica más importante del último siglo. Su potencial técnico toma lugar a nivel molecular, a escala nanométrica.

gadas de brindar crédito a países miembros para implementar proyectos de desarrollo. El BIRD financia programas en países con niveles de ingreso medios y la AIF en países más pobres. Ambas instituciones promueven una agenda de progreso afín a los intereses de Estados Unidos. Como muestra, un botón: todos los presidentes del BM han sido ciudadanos estadounidenses, incluyendo un antiguo secretario de Defensa, Robert McNamara (1968–1981), y un subsecretario de la misma dependencia, Paul Wolfowitz (2005–2007).

Más adelante, la CYT tomó un lugar más protagónico en el esquema del BM para estimular el crecimiento económico, con la premisa de que éste es sinónimo de desarrollo. En 1999, el BM tomó prestado un concepto que anteriormente había sido presentado por su institución homóloga en Europa, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE): *economía del conocimiento*. En este tipo de economía se busca transferir nuevas ideas, aprendizajes e innovaciones a productos para que las empresas pueden ganar espacios en el mercado mundial. Los sistemas educativos, el entrenamiento de la clase obrera y el financiamiento a la CYT son factores igualmente importantes. Empero, toda la plataforma de la economía del conocimiento se centra en incrementar la competitividad.⁵ El BM operacionalizó estas ideas en un programa denominado Iniciativas Científicas Milenio (ICM). La meta de las ICM era crear centros de excelencia en los países subdesarrollados con el mismo nivel de infraestructura y recursos que existen en los países desarrollados.⁶ Los objetivos, entre otros, incluyeron:

[...] fomentar el crecimiento de las capacidades de investigación científica, empleando y estimulando al mejor talento en el país, como un factor clave para el desarrollo socio-económico. El programa prevé que la creación de Centros de Excelencia Científica que dará lugar al crecimiento de los Institutos Científicos y Núcleos Científicos bajo un proceso competitivo y transparente. Estos centros perseguirán la investigación científica de frontera, la formación de científicos y el establecimiento de vínculos con el sector productivo y otros acuerdos institucionales.⁷

Las ICM cumplían con la visión de Washington de crear conocimiento nuevo para potenciar la triada tecnología+empresa+competitividad. La creación de tales cen-

tros de excelencia, como fueron etiquetados posteriormente, adoptaron términos como *sustentabilidad, combate a la inequidad y pobreza y empoderamiento* para humanizar la plataforma. Las ICM, en contraste, se basaban, primordialmente, en lograr un incremento de la competitividad empresarial para incrementar la riqueza del país y, después, distribuirla. En todo caso, la inequidad en la distribución, según sus defensores, es resultado de una política pública mal aplicada y no de contradicciones estructurales.

El mantra competitividad igual a desarrollo se mantuvo en la gran mayoría de las iniciativas presentadas en países subdesarrollados, especialmente de América Latina.

diecisiete redes de investigación. Brasil se convirtió en el país con el mayor número de redes de investigación integradas en NT a partir de las ICM.¹⁰

Esto sentó las bases para ordenar el desarrollo de la NT con la visión del BM. El mantra *competitividad igual a desarrollo* se mantuvo en la gran mayoría de las iniciativas presentadas en países subdesarrollados, especialmente de América Latina. El Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología de Chile (CEDENNA) mantiene su suscripción a este modelo:

LA NT EN EL AVANCE DE LA COMPETITIVIDAD

El enfoque del BM incluye construir economías abiertas en los países subdesarrollados. Una economía abierta se caracteriza por reducir los aranceles al comercio internacional, disminuir o desaparecer los subsidios a la producción, abolir las cuotas y los permisos de exportación e importación y ajustar la moneda a las fluctuaciones del mercado. Presumiblemente, una economía abierta incorporará las mejores prácticas productivas y adoptará las mejores tecnologías, pues la presión de la competencia exterior terminará forzando a las empresas domésticas a adoptar tales medidas. La plataforma de las ICM avanzó en países subdesarrollados bajo esta lógica. Las líneas de investigación se ajustaron a la política de las ICM *vis á vis* competitividad, en lugar de vincularse con una prioridad nacional o programa de desarrollo particular en los países que adoptaron las ICM.

Chile se convirtió en el primer laboratorio y en 1998 adoptó el plan de las ICM. Varias tecnologías se impulsaron en las universidades que fueron sede de los centros financiados por las ICM. Sin embargo, la NT tomó prioridad como parte del paquete de tecnologías emergentes, que suponían avances revolucionarios en la investigación, producción y comercialización. En el país se apoyaron tres institutos y se formaron cinco núcleos de investigación con enfoque en NT.⁸ El siguiente cliente-país fue México y en 2001 implementó un protocolo ICM para financiar cuatro institutos de investigación en NT, instalados en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASL).⁹ Venezuela y Brasil siguieron en la creación e instalación de núcleos de investigación; en el primero se crearon tres institutos y ocho núcleos; en el segundo,

[...] la línea de pensamiento establece que la ciencia, la industria y el gobierno deben trabajar juntos para mejorar la tecnología local basada en la ciencia y la competitividad local. En base a este principio general, aplicable también en Chile, nuestro país, la misión de CEDENNA se enfoca en la reducción de la brecha entre la ciencia fundamental en áreas tales como física, química y biología, y la industria. Hemos estado buscando oportunidades en áreas donde es posible implementar innovaciones rentables.¹¹

A pesar de no contar con una iniciativa nacional o política pública explícita, México no está fuera de esta dinámica, lo cual se devela en el *Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008–2012*, donde la importancia de la NT, junto con otros campos, se justifica de la siguiente manera: «El sector de CYT establece como fundamental el desarrollo en este campo de la educación de calidad y el fortalecimiento de la ciencia básica y aplicada, desarrollo tecnológico e innovación para ayudar a mejorar el nivel de vida en nuestra sociedad y lograr una mayor competitividad».¹²

En sentido idéntico, el Grupo de Trabajo brasileño para Nanociencias y Nanotecnología, que elaboró el primer programa de NT, justificó su creación de la siguiente manera: «fomentar las actividades de investigación, desarrollo de nuevos productos y procesos y la transferencia de tecnología entre la universidad y la empresa con miras a la innovación tecnológica a fin de fomentar la competitividad en la industria nacional».¹³

Otros países que no se beneficiaron por las ICM en materia de NT también se suscribieron a esta lógica. Por ejemplo, el decreto presidencial que creó la Fundación Argentina de Nanotecnología establece:

[...] es un programa para estimular, sentar las bases y promover el desarrollo de la infraestructura humana y técnica en Argentina para que, a través de sus propias actividades relacionadas, pueden establecer las bases que permitan al país para competir a nivel internacional en la aplicación y desarrollo de las micro y nanotecnologías que aumenten el valor obtenido de los productos para consumo interno y de exportación.¹⁴

China es otro país que ha adoptado esta lógica en el desarrollo de la NT. Más aún, la potencia asiática ha marcado la competitividad por encima de otras cuestiones. Esto es evidente en una reciente declaración del Zhao Yuliang, director del Centro de Nanociencias y Tecnología de la Academia Nacional de Ciencias en China (NCNST): «el país debe llevar a cabo estudios más comprensivos y mejorar la regulación de materiales nano-sintéticos. Esta es la única forma de mantener la competitividad del sector nanotecnológico en China [...] Ciertamente, nosotros no deseamos que aspectos de riesgos se conviertan en barrera de mercado para los productos basados en nanotecnología».¹⁵

La caza de la competitividad mediante la NT es una visión compartida por los países subdesarrollados y desarrollados. Esto se expone en la INN de Estados Unidos:

La nanotecnología contribuye a la competitividad de Estados Unidos y a su seguridad nacional mediante la mejora de los productos existentes y sus procesos y mediante la creación de nuevos productos. La Iniciativa Nacional en Nanotecnología implementa estrategias para maximizar el beneficio económico de sus inversiones en nanotecnología, basadas en el entendimiento fundamental de la ciencia y la responsabilidad de traducir este conocimiento a aplicaciones prácticas.¹⁶

Para algunos expertos, el desarrollo debe pensarse más allá del crecimiento económico y el incremento de la competitividad (deben ser medios y no un fin en sí mismos).¹⁷ La visión hegemónica, sin embargo, es pensar a la NT como una herramienta para incrementar ventajas comerciales que las empresas puedan explotar en el mercado global. Esto es como la NT se inserta en el desarrollo.

La visión hegemónica, sin embargo, es pensar a la NT como una herramienta para incrementar ventajas comerciales que las empresas puedan explotar en el mercado global.

INVESTIGACIÓN, PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE NT

El avance de la competitividad, en la carrera por dominar el desarrollo de la NT, implica que unos países tomen la delantera y que otros queden rezagados. Por sentido común podría definirse cuáles países dominan el campo nanotecnológico. Empero, uno de los argumentos a favor del impulso de la NT es que al basarse en una nueva plataforma científica, no se necesita un conocimiento acumulado. Por ello, los países subdesarrollados son capaces de iniciar desde cero y así lograr el «gran salto» hacia la industrialización y la transformación productiva. Las tendencias de su desarrollo ilustran una realidad diferente.

Una nueva plataforma tecnológica debe de insertarse en tres ámbitos vinculatorios para tener éxito en la economía global: la I+D, la producción y el consumo. En la I+D se prueban las diferentes aplicaciones que harán posible que la tecnología logre superar el «salto mortal» que presupone pasar del prototipo a la comercialización, especialmente en tecnologías novedosas como la NT.¹⁸ El potencial comercial de la NT se potencializa, al menos, por dos cuestiones: 1) la manufactura de productos más eficientes o resistentes (por ejemplo, llantas con nanotubos de carbono, desinfectantes con nanopartículas de plata, textiles antimanchas con nano recubrimientos), y 2) con la manufactura de productos multipropósito (por ejemplo, pinturas fungicidas y térmicas, fertilizantes «inteligentes» que además son fungicidas e insecticidas, embutidos que contienen medicamentos). En cualquiera de los casos, la NT permite crear nuevos productos e impactos sociales nunca vistos, pero eso es otra cuestión.

En este artículo no intentamos hacer un estudio exhaustivo de la integración de la I+D, la producción y el consumo de la NT, pero sí mostrar las tendencias e ilustrar qué países dominan la cadena de producción y desarrollo. En el rubro del financiamiento encontramos que los países industrializados y aquellos con un mercado interno muy grande colocan grandes sumas.

El país que más reserva fondos a la I+D de la NT es Estados Unidos. Para 2012, se estima que Estados Unidos habrá colocado 2180 millones de dólares, le sigue China con 1300 millones y Rusia con una cantidad similar. Las proyecciones para 2014 muestran una tendencia a la alza, llegando a un total

aproximado de 100 mil millones de dólares en total.¹⁹ Los países subdesarrollados quedan muy atrás en cuanto al financiamiento de la NT.

Hay otros indicadores que ilustran la capacidad de I+D en NT de los países, por ejemplo, las publicaciones científicas. Al tomar este indicador nos damos cuenta que desde 2000 hasta agosto de 2012, China ha publicado 87,353 artículos sobre NT, mientras que Estados Unidos ha publicado 87,258. Le siguen Japón (43,521), Corea del Sur (25,146), Alemania (21,660), India (18,673) y muy rezagados están Brasil (5078), México (2013), Argentina (934), Sudáfrica (715) y Uruguay (38). La información se extrae de *GloboNano*, una base de datos mantenida por el Centro de Nanotecnología y Sociedad de la Universidad de California Santa Barbara (CNS-UCSB), que contiene la información más relevante en materia de NT a nivel mundial. Vale la pena, no obstante, observar que la compilación de datos para este artículo sólo incluye el dato de publicaciones acumuladas. No se clasifican los artículos por grado de impacto (referencias) o prestigio de la revista y tampoco se ilustra el grado de crecimiento anual que ha tenido las publicaciones científicas en NT.

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta en la trayectoria de desarrollo de la NT es el registro de patentes. Las patentes son derechos que otorga un Estado al inventor para la comercialización de su invención. Para reconocer el registro de patente, el inventor necesita aplicar a la oficina de nacional de registro y tener un dictamen favorable. Diversas patentes que se otorgan de acuerdo a su cobertura geográfica: nacionales, regionales, internacionales. Hay oficinas que por el tamaño de la economía del país sede o por el poder adquisitivo de su sociedad son receptoras de un mayor número de patentes. Un indicador importante en este ámbito es el origen nacional o la sede de adscripción institucional del inventor. Esto ilustra la capacidad de innovación que tiene un país o, en el último de los casos, su capacidad de registro de patentes, ya que no todas las patentes equivalen al número de productos en el mercado. Sin embargo, para nuestro propósito vale la pena verificar dónde se originan y dónde se registran las patentes de NT.

La oficina nacional de patentes de Estados Unidos (US-PTO, por sus siglas en inglés) concentra el mayor número de patentes en NT para el periodo 1991–2008. Los primeros dos países con el mayor número de registros en esta oficina provienen de inventores de Estados Unidos (12606) y China (1866). Llama la atención que

Estados Unidos mantiene el mayor número de registros de NT en las oficinas nacionales después del país sede. Hay dos excepciones, la primera es Canadá, donde Estados Unidos tiene más patentes que este país, 825 contra 192; la segunda excepción la marca Alemania, pues la nación germana tiene 1182 registros y Taiwán, que ocupa el segundo lugar, sólo 21; Estados Unidos se queda en tercer lugar con 20 registros.²⁰ Aquí ya se observa un distanciamiento entre Estados Unidos y China; el primero domina por completo el escenario de patentes en NT a nivel mundial y el segundo se queda bastante rezagado. La presencia de los países subdesarrollados en este punto brilla por su ausencia.

El eslabón final en la cadena de impulso a la NT es la producción de bienes y servicios. Actualmente, existen varias bases de datos que siguen la producción o el mercado de la NT. Sobresale el caso del Woodrow Wilson Center, en Washington, y su base de datos de productos con NT en el mercado mundial. Este proyecto tiene 1,317 registros de varios productos procedentes de diferentes países, los cuales se agrupan según el sector económico y origen. Al ubicar el origen de los productos, a marzo de 2011, los resultados son los siguientes: 587 productos de Estados Unidos; 367 de Europa (Reino Unido, Francia, Alemania, Finlandia, Suiza, Italia, Suecia, Dinamarca y Países Bajos); 261 del este asiático (China, Corea del Sur, Taiwán, Japón), y 73 de otras regiones.²¹

CONCLUSIONES

Al dar seguimiento a los tres ámbitos en el desarrollo de la NT, I+D, producción y consumo, demostramos lo que para muchos es lógico y evidente: un dominio abrumador de Estados Unidos. Pero la moraleja para los interesados en el desarrollo nanotecnológico va más allá de sus datos nanotecnológicos, al menos, en tres ámbitos relevantes.

La visión hegemónica del desarrollo, primeramente, tiene su origen al seno de una lucha política y económica mundial, la Guerra Fría. Al terminarse ésta y salir victorioso Estados Unidos, el desarrollo, como orden de cooperación entre naciones, se enmarcó en los intereses de este país y en el avance del libre mercado capitalista. La CYT se subsumió a este objetivo y, para evitar que los países subdesarrollados buscaran otro tipo de arreglo, el BM organizó un esquema direccionado a impulsar esta lógica, las ICM. Ahí *entró* la NT como la plataforma tecnológica más importante del siglo XXI. La nano se piensa en térmi-

nos similares a cualquier otra tecnología capitalista: como una herramienta para incrementar la competitividad.

En segundo término, damos cuenta que tanto la I+D como la producción y el consumo de la NT las dominan las potencias industriales. Lo anterior es un hecho pese a que la competitividad orienta a las iniciativas nacionales de los países subdesarrollados, particularmente de América Latina. Hay que tener en claro que en una economía global, de libre mercado y enmarcada en la competencia, el avance de unos países implica el fracaso y retroceso de otros. La realidad nanotecnológica mundial no es diferente. Y, como hemos observado, los países subdesarrollados han quedado ya muy rezagados en la carrera nanotecnológica. Existe la posibilidad de que algunos de estos países puedan encontrar nichos de mercado que puedan explotar o, quizá, aprovechar el tamaño de su mercado doméstico para difundir aplicaciones. Pero en realidad, la cadencia del camino de la NT lo marcan las potencias.

Vale cuestionar, en tercer lugar, la idea mecanicista de que una mayor competitividad resulta en una mejor calidad de vida de la mayoría. Existen países que han incrementado su presencia en el comercio mundial o que el crecimiento de su economía se ha acelerado; no obstante, la inequidad y pobreza en estos países sigue aumentando (véase el caso mexicano).

La NT se inserta en el proyecto de desarrollo como una herramienta que acelera la competitividad de unos países a costo de la disminución en otros. Por consiguiente, es válido preguntarse qué tan pertinente es promover una tecnología bajo esta lógica y contexto. ¿No sería mejor empatar su desarrollo con las necesidades nacionales? ¿Cuál es el objeto de encumbrar recursos, por pocos que sean, para intentar crear élites científicas desvinculadas de la realidad social de su país? Éstas son algunas preguntas pertinentes ante la imparable conquista y comercialización de lo molecular mediante la NT.

Referencias

- 1 Richard Feynman, «There's Plenty of Room at the Bottom», *Engineering & Science*, 1960, pp. 22–36.
- 2 National Nanotechnology Initiative (NNI), 2012, <<http://www.nano.gov/about-nni/what/funding>>, visita: 3 de noviembre, 2012.
- 3 Henry Veltmeyer, «Development and Globalization as Imperialism», *CIDS* (26), 2005, pp. 89–106.
- 4 Inaugural Addresses of the United States Presidents, Harry S. Truman, 1949, <<http://www.bartebly.com/124/pres53.html>>, visita: 2 de septiembre, 2012.
- 5 Banco Mundial, *Construyendo Economías del Conocimiento, Estrategias Avanzadas para el Desarrollo*, Washington, El Banco Mundial, 2007.
- 6 Colin Macilwain, «World Bank backs Third World centers of excellence plan», *Nature*, 396, 711, 1998, pp. 24–31.
- 7 Iniciativa Científica Milenio, *Memoria Bianual 1999–2000*, Santiago, MIDEPLAN, 2007, <<http://www.mideplan.cl/milenio/?q=node/34>>, visita: 23 de mayo, 2012.
- 8 Iniciativa Científica Milenio, *op cit.*
- 9 Iniciativa Científica Milenio, 2005.
- 10 CNPQ, Institutos do Milênio, 2005, <<http://www.cnpq.br/programasespeciais/milenio/projetos/2005/05.htm>>, visita: 20 de mayo, 2012.
- 11 Centro para el Desarrollo de la Nanociencia y Nanotecnología de Chile (CEDENNA), 2012, <<http://cedenna.cl/>>, visita: 18 de junio, 2012.
- 12 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008–2012, 2008, p. 25, <www.conacyt.mx/Acerca/Normatividad/Programa-Especial-de-Ciencia-y-Tecnologia_2008-2012.pdf>, visita: 13 de mayo, 2009.
- 13 Ministério da Ciência e Tecnologia, *O Programa de Nanotecnologia*, 2004, p. 143, <<http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/programanano.htm>>, visita: 3 de enero, 2011.
- 14 Decreto Presidencial 380/2005, República Argentina, *Autorízase al Ministerio de Economía y Producción a constituir la Fundación Argentina de Nanotecnología*, 2005, <http://www.fan.org.ar/acerca_estatuto.htm>, visita: 31 de octubre, 2009.
- 15 *Nature News*, 2012.
- 16 *U.S. National Nanotechnology Strategic Plan*, 2011, p. 4.
- 17 Paul Streeten, *Strategies for Human Development: Global Poverty and Unemployment*, Copenhagen, Munksgaard, International Publishers, 1994; Amartya Sen, «The Concept of Development», Chenery y Srinivasan (editores), *Handbook of Development Economics*, volumen 1, Amsterdam, North Holland, 1988.
- 18 Michael Acosta, *Building Businesses on the Border: The Bi-National Sustainability Laboratory As An Engine of Economic Change*, Washington D.C., Economic Development America, 2006.
- 19 Científica, *Global Funding of Nanotechnologies and its Impact*, 2011, <<http://www.cientifica.com/research/white-papers/global-nanotechnology-funding-2011/>>, visita: 19 de septiembre, 2012.
- 20 Yang Dang, Yulei Zhang, Fang Li, Hsichung Chen, Mihail Roco, «Trends in worldwide nanotechnology patent applications: 1991–2008», *Journal of Nanoparticle Research*, 12, 2010, pp. 687–706.
- 21 Wodrow Wilson Center, *Project on Emerging Nanotechnologies*, 2012, <<http://www.nanotechproject.org/>>, visita: 13 de noviembre, 2012.