

CAPÍTULO SEGUNDO

INNOVACIÓN EN LA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LAS NANOTECNOLOGÍAS

I. INTRODUCCIÓN

Las plataformas de ciencia, tecnología e innovación (CTeI) se desarrollan a partir de diversos modelos de impulso a las políticas de ciencia, tecnología e innovación. Hoy en día, uno de los enfoques dominantes es el de Triple Hélice, que impulsa la ciencia aplicada a través de la interacción entre universidad, industria y gobierno. Aclaremos que aunque reconocemos las críticas de este modelo, no es nuestra intención profundizar en la literatura sobre CTeI; más bien miramos hacia este paradigma, dado que es el que nutre la política de impulso a las NT a nivel mundial, y particularmente en México.

Basándose en el enfoque de la Triple Hélice, varios países han implementado planes estratégicos para el desarrollo de las NT. Dicho enfoque se hace presente en los programas de investigación de las NT, donde se puede percibir una tendencia orientada a la comercialización. Como se analizará en el presente capítulo, las relaciones entre las tres hélices no tienen el mismo grado de interacción, y tampoco son constantes.

Posteriormente, se explora la importancia socioeconómica de las NT a nivel global. Para ello, utilizamos el gasto en I&D, los artículos publicados en el área. Buscamos demostrar la relevancia comercial en el área de las NT mediante algunos datos cuantitativos y mostrar el liderazgo de las corporaciones, tanto en la I&D como en la comercialización. De esta forma, incluimos a grandes rasgos las tres hélices del modelo. En esta sección, cabe señalar, hacemos uso de herramientas descriptivas para ilustrar dichos rasgos.

II. TRES VÉRTICES EN LA INNOVACIÓN

La Triple Hélice (TH) comanda la política en C&T de varios países. Nuestro objeto de estudio es enmarcar el papel de las empresas en un marco regulatorio respecto a la nanomedicina. La TH considera que, en una sociedad

basada en el conocimiento, la innovación se apoya en la interacción entre universidad-industria-gobierno.⁸⁵ La TH avanza la ciencia impulsada con el mercado [*market pull*] en contraste con la ciencia avanzada por la búsqueda del conocimiento [paradigma del *science push*]; es decir, fomenta la ciencia aplicada en lugar de la ciencia básica. Ello significa que el conocimiento debe resultar en aplicaciones comerciales. En este sentido, las industrias se transforman obedeciendo a nuevas opciones tecnológicas, y las normativas se implementan, flexiblemente, con el objetivo de promover el financiamiento e impulsar iniciativas y proyectos en conjunto.⁸⁶

La TH es un marco analítico propuesto por el Henry Etzkowitz y Loet Leydesdorff a mediados de la década de los noventa del siglo XX, momento en el cual se promovía consistentemente el trabajo entre las universidades y la industria privada a través de políticas gubernamentales. El resultado que se buscaba era la comercialización del nuevo conocimiento y de la ciencia.⁸⁷ De acuerdo con ellos, la TH es un modelo que sirve para analizar la innovación en una economía basada en el conocimiento. El conocimiento y la innovación se vuelven objetivos cardinales para incrementar la competitividad de las empresas. La TH nos ayuda a entender cómo el sistema de innovación se basa en objetivos específicos y no busca explicar exclusivamente el aspecto científico o técnico que da origen a la innovación.⁸⁸

Cada uno de los vértices de la TH tiene un papel: “el *locus [industria]* de la producción, el gobierno como la fuente de la relaciones contractuales que garantizan interacciones e intercambios estables y la universidad como la fuente de nuevos conocimientos y tecnologías”.⁸⁹ La interacción de estos tres vértices es el principio generador de innovación en las economías basadas en el conocimiento. No obstante, la interacción entre estos vértices puede variar; es decir, hay grados de relación entre cada vértice, y cada una de las hélices puede abarcar actividades de otra hélice. Por ejemplo, las empresas pueden integrar en su esquema de producción centros de investigación, como es el caso del área farmacéutica; o el gobierno puede ceder a la industria la facultad contractual bajo un marco de autorregulación; o las

⁸⁵ Etzkowitz, Henry y Carvalho de Mello, Jose Manoel, “The Rise of Triple Helix Culture. Innovation in Brazilian Economic and Social Development”, *International Journal of Technology Management and Sustainable Development*, vol. 2, 2004, p. 159.

⁸⁶ Leydesdorff, Loet y Etzkowitz, Henry, “The Triple Helix as a Model for Innovation Studies”, *Science and Public Policy*, vol. 25, 1998, p. 195.

⁸⁷ Lawton Smith, Helen y Leydesdorff, Loet, “The Triple Helix in the Context of Global Change: Dynamics and Challenges”, *SSRN, Electronic Journal*, 2012, disponible en: <http://www.ssrn.com/abstract=2177331> (fecha de consulta: 25 de julio de 2018).

⁸⁸ Leydesdorff, Loet y Etzkowitz, Henry, “The Triple...”, *cit.*

⁸⁹ Etzkowitz, Henry y Carvalho de Mello, Jose Manoel, “The Rise of Triple...”, *cit.*, p. 161.

universidades o centros de investigación pueden llegar más lejos y crear su propia línea de producción. Por lo tanto, las relaciones entre los vértices se mantienen en constante transición, y con distintas misiones.⁹⁰

Leydesdorff y Etzkowitz contemplan tres variaciones en este modelo. En una primera variación (I) las tres hélices están definidas institucionalmente, por lo que las interacciones se dan a través de transferencias de tecnología, enlaces industriales o contratos.⁹¹ En la TH II las hélices se definen como distintos sistemas de comunicación, que consisten en operación de mercados, innovaciones tecnológicas y control de interfaces. Las interfaces pueden crear nuevas formas de comunicación entre las hélices. Bajo este esquema, una nueva interfaz sería la transferencia de tecnologías o la regulación de patentes. Por último, en el tercer modelo, el papel que asume cada hélice puede ser intercambiable; es decir, el grado de relación entre cada hélice varía.

Las patentes tienen una definición particular para el enfoque de la TH: para la industria representan ganancia “monopólica”; para el gobierno, es el control legislativo, y para las universidades es la generación de conocimiento novedoso.⁹² En materia de nanomedicina las hélices interactúan conjuntamente: la industria de fármacos, biotecnología y medicina colabora con investigadores, centros de investigaciones y gobiernos, para fomentar y desarrollar la cadena de valor de las aplicaciones nano en el sector salud.⁹³ Para impulsar la I&D, las compañías tienen dos opciones: a) realizar ésta dentro de la empresa reuniendo un equipo de investigadores, o b) acercarse a universidades o centros de investigación que cuenten con la plataforma y grupo de expertos necesarios para llevarla a cabo.

El concepto de innovación es operacionalizado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) a través del Índice Mundial de Innovación. El más reciente informe de 2017 (véase gráfica 1) señala como principales países innovadores en el mundo a Suiza, Suecia, Países Bajos, Estados Unidos, y Reino Unido. Los países europeos ocupan los primeros veinticinco puestos principales en la clasificación mundial, con la excepción

⁹⁰ Lawton Smith, Helen y Leydesdorff, Loet, “The Triple Helix...”, *cit.*

⁹¹ Leydesdorff, Loet y Etzkowitz, Henry, “The Triple...”, *cit.*

⁹² Lawton Smith, Helen y Leydesdorff, Loet, “The Triple Helix...”, *cit.*

⁹³ Wang, Ruibing *et al.*, “Nanomedicine in Action: An Overview of Cancer Nanomedicine on the Market and in Clinical Trials”, *Journal of Nanomaterials*, 2013, disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/jnm/2013/629681/> (fecha de consulta: 11 de septiembre de 2017). Para mayor información sobre nanomedicamentos en el mercado y en pruebas clínicas véase Wang, Ruibing *et al.* (2013), “Nanomedicine in Action: An Overview of Cancer Nanomedicine on the Market and in Clinical Trials”, *Journal of Nanomaterials*, 2013, pp. 1-12, disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/jnm/2013/629681/> (fecha de consulta: 11 de septiembre de 2017).

de China, que tiene el lugar número veintidós. En la región de América Latina y el Caribe, los primeros tres puestos son de Chile, Costa Rica y México, respectivamente.

GRÁFICA 1

ÍNDICE MUNDIAL DE INNOVACIÓN, 2017



FUENTE: OMPI, 2017.

La I&D liderada por las empresas, incluyendo en nanomedicina, no opera en función de los riesgos y del conocimiento de éstos en general, los cuales retrasan o prolongan los tiempos para obtener la aprobación de las autoridades correspondientes. Por lo mismo, las compañías dirigen sus recursos a investigaciones que puedan producir rápidas aplicaciones [*blockbusters*], que cautiven segmentos de mercado y aseguren ventas.⁹⁴

El modelo de la TH se puede observar en distintas iniciativas a nivel internacional. Por ejemplo, la Unión Europea adoptó la TH como parte de su estrategia de crecimiento “Europa 2020”. Esta estrategia busca fomentar y promover un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.⁹⁵ Para el caso de las NT y la nanomedicina, el objetivo es claro: desarrollar conocimientos y tecnologías que tengan aplicaciones comerciales;⁹⁶ es decir, el desarrollo de la nanomedicina se orienta de acuerdo con las necesidades del mercado [*market pull*], y esto es evidente en el trazado de las políticas públicas elaboradas por la Unión Europea.

La Unión Europea presentó, en diciembre de 2013, como parte de la cooperación internacional, las convocatorias para el Programa Horizonte 2020 (H2020); en éste se señalan los lineamientos y temas de interés de los próximos siete años. El Programa H2020 une la investigación con la innovación y pone énfasis en la excelencia científica y el liderazgo industrial, al mismo tiempo que afronta retos sociales. Hasta ahora, el H2020 es el programa de investigación e innovación más grande de la Unión Europea con casi 80 mil millones de Euros.⁹⁷

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) de México coincide con la visión europea, por lo que hay enlaces entre el Conacyt y la Unión Europea. Uno de ellos es la convocatoria Conacyt-H2020. En agosto de 2014, el Conacyt publicó la segunda convocatoria de registro, que está dirigida tanto a instituciones públicas como privadas. La meta es integrarse

⁹⁴ Morigi, Valentina *et al.*, “Nanotechnology in Medicine: From Inception to Market Domination”, *Journal of Drug Delivery*, 2012, disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/jdd/2012/389485/> (fecha de consulta: 11 de septiembre de 2017).

⁹⁵ Para mayor información, consultar el documento “Europa 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador”, COM/2010/2020 final/, disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?jsessionid=TvcdTz9RG4cxWWQJ.NtqsjvcNLmJBR8m6CGKnPrQX024Y95NQ0nsh!-320868561?uri=CELEX:52010DC2020>.

⁹⁶ Para mayor información consultar el documento “Comunicación de la Comisión—Hacia una estrategia europea para las nanotecnologías”, COM/2004/0338 final/, disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?jsessionid=TvcdTz9RG4cxWWQJ.NtqsjvcNLmJBR8m6CGKnPrQX024Y95NQ0nsh!-320868561?uri=CELEX:52010DC2020>.

⁹⁷ Comisión Europea, “What is Horizon 2020?”, disponible en: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/what-horizon-2020> (fecha de consulta: 29 de septiembre de 2017).

a consorcios europeos de acuerdo con los lineamientos de la convocatoria, y una de las áreas prioritarias de ésta es el desarrollo tecnológico, que incluye materiales avanzados y NT.⁹⁸

El gobierno mexicano, de igual manera, exhorta al sector público y privado a formar alianzas para destinar mayores recursos tanto a la ciencia como a la tecnología y a la innovación, ya que éstas son vistas como elementos fundamentales para desarrollar soluciones integrales a los problemas económicos y sociales del país.⁹⁹ Más recientemente, al lanzar la alianza a favor de la innovación, el Conacyt señaló que el camino para lograr ser un país más innovador y competitivo lo marca el modelo de la TH mediante un sector productivo fuerte y comprometido.¹⁰⁰

La esencia de la TH se hace presente en varios planes nacionales que impulsan el desarrollo de las NT. El cuadro 3, a manera de lista y sin ser una categorización exhaustiva, ilustra algunos de los países que tienen o han tenido planes estratégicos en el área de las NT. A grandes rasgos, la mayoría de los países se centran en programas, marcos o estrategias enfocados a la promoción de las NT basadas en la TH.

CUADRO 3
PLANES ESTRATÉGICOS NACIONALES EN NANOTECNOLOGÍAS

<i>País</i>	<i>Título</i>	<i>Año inicial</i>	<i>Año final</i>
Alemania	Action Plan Nanotechnology 2015	2016	2020
Canadá	NanoQuebec Action Plan Alberta Nanotechnology Strategy, Unleashing Alberta's Potential	2013	2020
China	Fundamentals of Nanotechnology Manufacturing Major Research Program, National Nanotechnology Program for the Development	2001	2014
Corea del Sur	Nano-Convergence 2020 Program, Nanotechnology for Dynamic Korea.	2010	2020
Estados Unidos	Cancer Nanotechnology Plan, National Nanotechnology Initiative Strategic Plan	2016	2020

⁹⁸ Conacyt, “Convocatoria de Registro Conacyt-Horizon 2020”, 2014.

⁹⁹ Conacyt, “A propuesta del Conacyt, los sectores público y privado acuerdan una alianza a favor de la innovación”, b2014, disponible en: <http://www.conacyt.mx/index.php/comunicacion/comunicados-prensa/371-a-propuesta-del-conacyt-los-sectores-publico-y-privado-acuerdan-una-alianza-en-favor-de-la-innovacion> (fecha de consulta: 29 de agosto de 2017).

¹⁰⁰ *Idem*.

<i>País</i>	<i>Título</i>	<i>Año inicial</i>	<i>Año final</i>
Irlanda	Ireland’s Nanotechnology Commercialisation Framework.	2010	2014
Japón	Science and Technology Basic Plan	2006	2010
Países Bajos	Netherlands Nano Initiative, Strategic Research Agenda, Roadmap Nanotechnology	2008	2020
Reino Unido	Nanoscale Technologies Strategy, UK Nanotechnologies Strategy, Small Technologies, Great Opportunities	2009	2012
Rusia	Join Action Plan to Stimulate Demand for Innovative, Including Nanotechnology Products, Nanoindustry Infrastructure in the Russian Federation for the Years 2008-2015	2008	2016

FUENTE: elaboración propia a partir de *Nano Statistics. Nano Science, Technology and Industry Scoreboard*, disponible en: <http://statnano.com/policydocuments>; y National Nanotechnology Initiative [NNI], disponible en: <http://www.nano.gov/node/1113>; UK *Nanotechnologies Strategy: Small Technologies, Great Opportunities*, disponible en: <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/interactive.bis.gov.uk/nano/>, y Science and Technology Policy, *Council for Science and Technology Policy. Science and Technology Basic Plan*, disponible en: <http://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/index.html>.

La preferencia hacia la viabilidad comercial no es exclusiva de la Unión Europea, sino una tendencia global. Lo anterior lo exploramos a mayor detalle en el siguiente apartado.

III. EVOLUCIÓN DE LOS INDICADORES EN NT
Y NANOMEDICINA A NIVEL GLOBAL

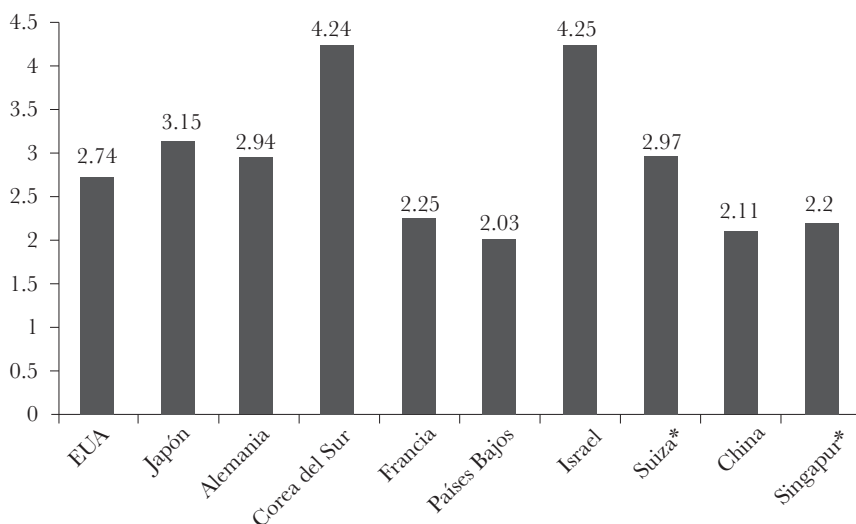
Con el objetivo de conocer las tendencias y el estado actual de las NT en el mundo, se consideran los siguientes indicadores: 1) gasto en I&D; 2) publicaciones científicas; 3) patentes; 4) productos en salud y bienestar físico, y 5) compañías con patentes publicadas. El conjunto de cada uno de estos indicadores hacen posible un análisis integral de la situación actual, tanto de la I&D como de la penetración de mercados.

Cada uno de estos indicadores cuenta con diversas variables. El gasto en I&D es de acuerdo con el porcentaje del producto interno bruto (PIB) de cada país. Las publicaciones científicas provienen de la Web of Science (WoS) y del Instituto para la Información Científica; y son analizadas por país o por millón de habitantes. Para las patentes se consideran oficinas que destacan por el volumen de registro e importancia de sus mercados: United

States Patent and Trademark Office (USPTO), Oficina Europea de Patentes (OEP) y Oficina Internacional de la OMPI/PCT. Los productos observados son aquellos que corresponden a la subcategoría de salud y bienestar físico según el inventario del Proyecto para las NT del Woodrow Wilson Center en Washington. La última categoría de análisis son las compañías con patentes publicadas en NT en la OEP y la USPTO.

En un primer plano tenemos el gasto en I&D por país según el porcentaje del PIB. En la gráfica 3 encontramos que Israel y Corea del Sur, países que dedican más de 4% a I&D con relación al PIB; le sigue Japón, con 3.49%; los países como Estados Unidos, Alemania y Suiza destinan aproximadamente el 2.9% de su PIB, mientras que China y Singapur gastan el 2%-2.2%. Destaca el gasto en I&D de Israel; es el país que destina el mayor porcentaje de su PIB a I&D. El Índice Global de Innovación de 2017 clasifica entre los primeros cinco países a Suiza, Suecia, Países Bajos, Estados Unidos y UK. En esta misma clasificación, México ocupa el lugar 58 de un total de 127 países.

GRÁFICA 2
GASTO EN I&D (% DEL PIB), 2016¹⁰¹

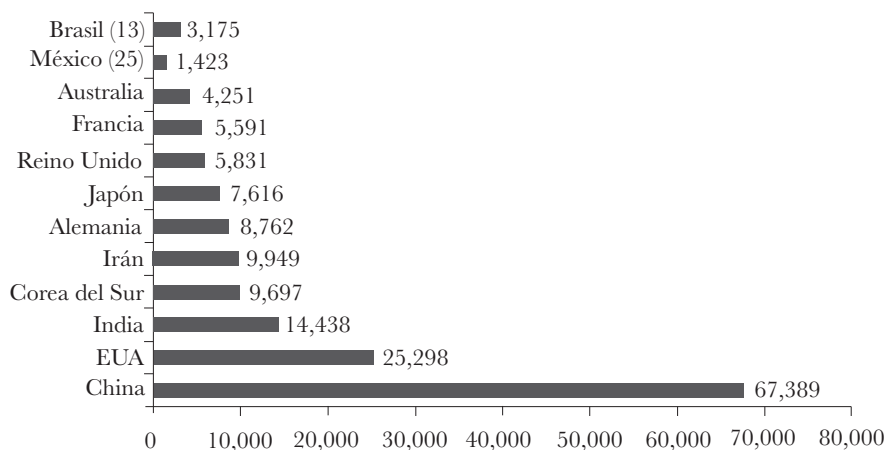


FUENTE: elaboración propia a partir de Banco Mundial (BM), disponible en: <https://data.worldbank.org/indicator/gb.xpd.rsdv.gd.zs?end=2016&start=2016>; AND Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), *The Global Innovation Index 2018. Innovation Feeding the World*, disponible en: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2018.pdf.

¹⁰¹ Suiza refleja datos de 2012, y Singapur, de 2014.

Por otro lado, las publicaciones científicas nos permiten observar el avance en la I&D de las NT. En este caso, China es el país con mayor número de artículos en nanotechnology en 2018, el cual presenta una ventaja de más de treinta mil artículos ante Estados Unidos. Sin embargo, estos dos países se encuentran al frente de la producción académica. India es el país subsiguiente, con más de trece mil artículos. Por su parte, Irán y Corea del Sur superan los nueve mil artículos, y Alemania, Japón, Francia, Reino Unido y Australia se encuentran entre ocho mil y cinco mil publicaciones en esta área en 2018.

GRÁFICA 3
ARTÍCULOS ISI-INDEXADOS EN NT POR PAÍS, 2018

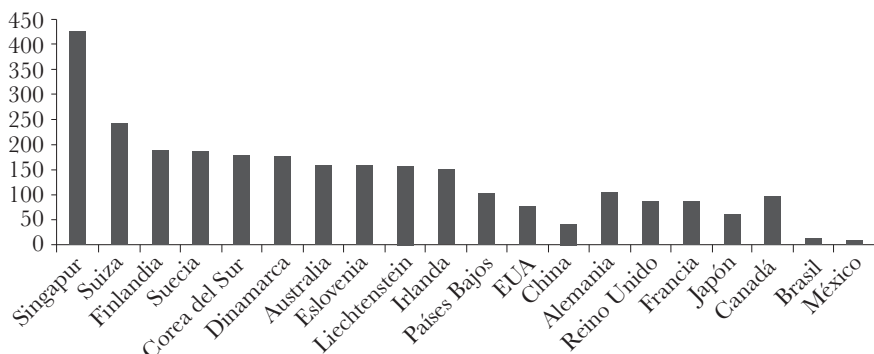


FUENTE: elaboración propia a partir de *Nano Science, Technology and Industry Scoreboard*, disponible en: <http://statnano.com/>.

La siguiente gráfica muestra los primeros diez países con el mayor número de artículos indexados en ISI por millón de habitantes. Posteriormente, se incluyen otros países, como Estados Unidos y China, que aunque no sean de los principales, consideramos que es un dato importante al servirnos como punto de referencia o comparación. En 2017, el país con mayor número de artículos indexados por ISI en NT es Singapur, con más de cuatrocientos artículos por millón de habitantes. Suiza es el siguiente país, con más de 240 artículos. Finlandia, Suecia, Corea del Sur, Dinamarca, Australia, Eslovenia, Liechtenstein e Irlanda se encuentran aproximadamente dentro del rango 190 a 150 artículos por millón de habitantes. En el caso de Mé-

xico y Brasil, tienen diez y casi catorce artículos por millón de habitantes, respectivamente.

GRÁFICA 4
 NÚMERO DE ARTÍCULOS ISI-INDEXADOS EN NT
 POR MILLÓN DE HABITANTES, 2017

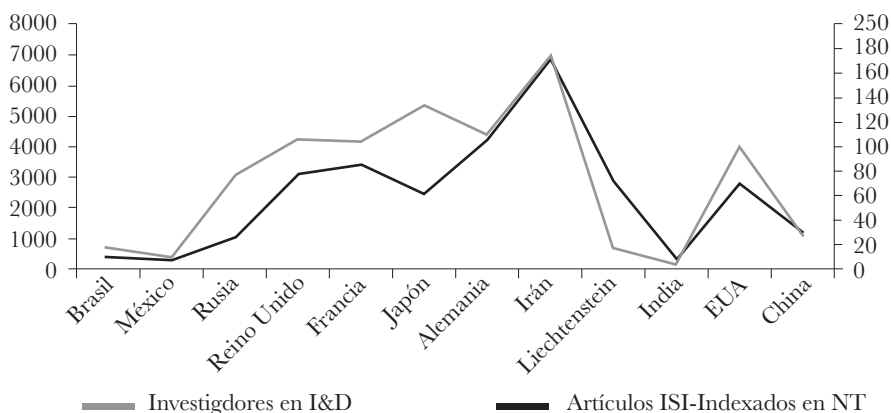


FUENTE: elaboración propia a partir de *Nano Science, Technology and Industry Scoreboard*, disponible en: <http://statnano.com/>.

Ahora bien, si comparamos el número de artículos nano con el número de investigadores en I&D por millón de habitantes, se puede observar una relación proporcional. Por ejemplo, Corea del Sur es el país que tiene el mayor número de artículos y el mayor número de investigadores en I&D. Subsecuentemente se encuentra Alemania, con el mayor número de artículos y con 4,381 investigadores. Reino Unido, Francia y Estados Unidos están en un rango de 70 y 85 publicaciones por millón de habitantes con alrededor de cuatro mil investigadores. Por su parte, México e India se encuentran en el extremo inferior, con siete artículos en nano por millón de habitantes, y 323 y 151 de investigadores en I&D, respectivamente.

Sin embargo, Japón e Irán son la excepción a esta tendencia. Japón cuenta con un número alto de investigadores (5,386 investigadores en I&D por millón de habitantes), y solamente tiene 61.44 artículos en nano, ocupando el séptimo lugar. Asimismo, Irán tiene 71.1 artículos en nano por millón de habitantes, y sólo cuenta con 691 investigadores en I&D.

GRÁFICA 5
 INVESTIGADORES EN I&D Y ARTÍCULOS ISI-INDEXADOS
 EN NT POR MILLÓN DE HABITANTES, 2014



NOTA: se toman los datos de 2014, con el propósito de realizar una comparación, ya que los datos más actuales de investigadores en I&D por millón de habitantes son de 2014, con la excepción de Estados Unidos e Irán, que corresponden al 2012; México, al 2011, y Brasil e India, al 2010.

FUENTE: elaboración propia a partir de *Nano Science, Technology and Industry Scoreboard*, disponible en: <http://statnano.com/> (fecha de consulta: febrero de 2019).

A manera de lista, el cuadro 4 identifica los temas principales de las publicaciones científicas en el área de *nanoscience engineering* (NSE). La I&D en nanotubos de carbono es el enfoque central. Gran parte de las publicaciones se orientan en el estudio de las propiedades físico-químicas de los nanomateriales como fuerza atómica, propiedades mecánicas, ópticas, o magnéticas, peso molecular, efecto cuántico y otras. En relación directa con la medicina, se ubican publicaciones en el tema relacionadas con células madre, administración de fármacos y actividad catalítica.

CUADRO 4
PRINCIPALES TEMAS CUBIERTOS POR LAS PUBLICACIONES
CIENTÍFICAS, 2001-2010

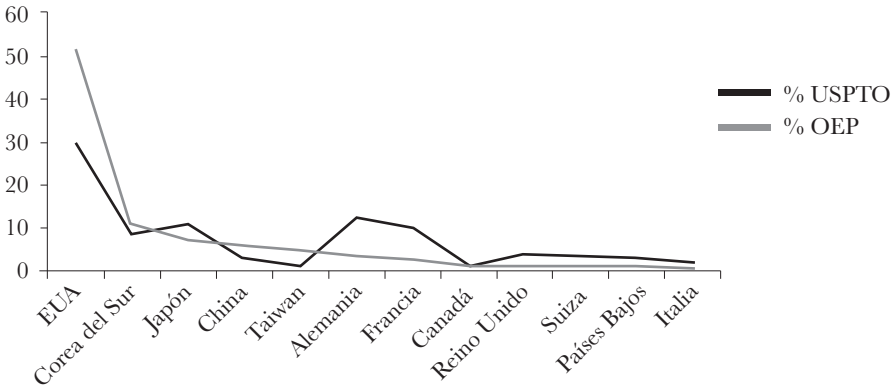
TEMAS IDENTIFICADOS DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS (WoS)	
<i>Tema</i>	<i>Número de publicaciones</i>
Nanotubos de carbono	37,435
Fuerza atómica	22,728
Puntos cuánticos	17,402
Propiedad mecánica	6,270
Modelado molecular	4,241
Actividad fotocatalítica	3,236
Tamaño de la partícula	2,785
Células solares	2,676
Propiedades magnéticas	2,612
Películas finas (<i>thin film</i>)	2,386
Límite de detección	2,379
Actividad catalítica	2,078
Simulación de dinámica molecular	1,851
Administración de fármacos	1,668
Peso molecular	1,662
Células madre	1,357
Temperatura ambiente	1,336
Granulometrías	1,154
Propiedades ópticas	1,107
Superficie de oro	1,016
Estructura de cristal	908
Solución acuosa	901
Teoría funcional de densidad	802
Dependencia térmica	716
Superficie plasmón	481
Fluidez	466
Frontera de grano	433

<i>Tema</i>	<i>Número de publicaciones</i>
Cadena de polímeros	276
Cristal fotónico	220
Efecto cuántico	214
Membranas de nanofiltración	205

FUENTE: Chen, Hsinchun, Roco, Mihail C., Son, Jaebong, Jiang, Shan, Larson, Catherine A. y Gao, Qiang (2013), *Global Nanotechnology Development from 1991 to 2012*, Patents, Scientific Publications, and Effect of NSF Funding. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(9), disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11051-013-1951-4> (fecha de consulta: 22 de octubre de 2014).

En lo que se refiere a la publicación de artículos en nanomedicina, Estados Unidos mantiene el 32% de las publicaciones. Japón, Alemania, Reino Unido y Francia le siguen, con diferencias de 1% con un rango del 6% al 9%.¹⁰² El 76% de las publicaciones se centra en el área de administración de fármacos, el 11% en diagnóstico *in vitro* y el 6% en biomateriales. El otro 7% se divide entre imagenología, fármacos y terapias e implantes activos, con el 4%, 2% y 1% de manera respectiva.¹⁰³

GRÁFICA 6
RANKING DE PAÍSES CON PATENTES OTORGADAS EN NANO, 2018



NOTA: (%) Participación del país de acuerdo con todas la patentes en nano.

FUENTE: elaboración propia a partir de *Nano Science, Technology and Industry Scoreboard*, disponible en: <http://statnano.com/>.

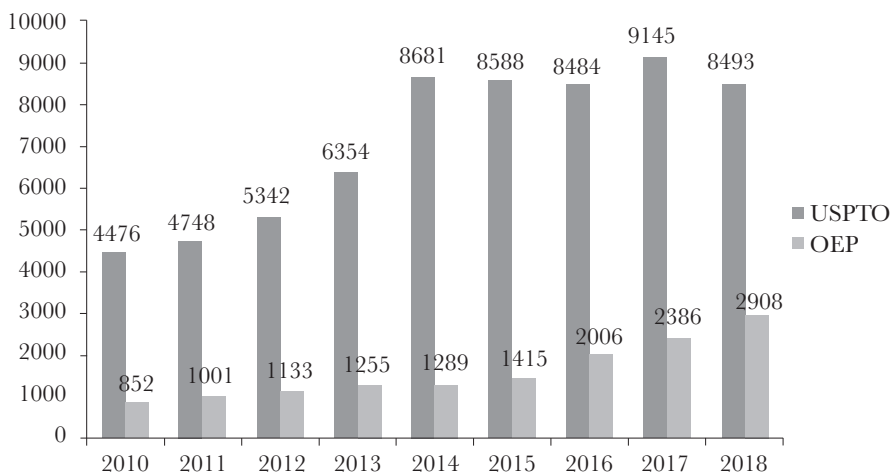
¹⁰² Cifras de 1984 a 2004.

¹⁰³ Wagner, Volker *et al.*, “The Emerging Nanomedicine Landscape”, *Nature Biotechnology*, vol. 24, 2006, p. 1211, cifras de 1984 a 2004.

En la gráfica anterior se muestra la participación de los principales países de acuerdo con todas las patentes otorgadas en NT por la USPTO y la OEP. Estados Unidos es el país que tiene el mayor porcentaje de patentes en ambas oficinas. En la USPTO, después de Estados Unidos siguen Corea del Sur, Japón, China y Taiwán. A diferencia de Alemania y Francia, que muestran una acentuada preferencia por la OEP, Japón y Canadá son los únicos países cuyo porcentaje de patentes en ambas oficinas es similar.

Desde 2010 hasta 2018, las patentes otorgadas por ambas oficinas en materia de NT han aumentado de manera gradual y constante, con la excepción de 2016 (gráfica 8). Sin embargo, el número de patentes otorgadas por la oficina estadounidense es significativamente mayor al de la oficina europea. En el último año, el número de patentes otorgadas por la oficina estadounidense es casi cuatro veces superior a la de su contraparte europea. Esta diferencia se explica debido a que los Estados Unidos son titulares del 57.09% de patentes en la USPTO, mientras que en la oficina europea tienen el 34.42%. Si bien el número de patentes total en la oficina estadounidense es mayor, las patentes en esta oficina se encuentran monopolizadas por Estados Unidos.

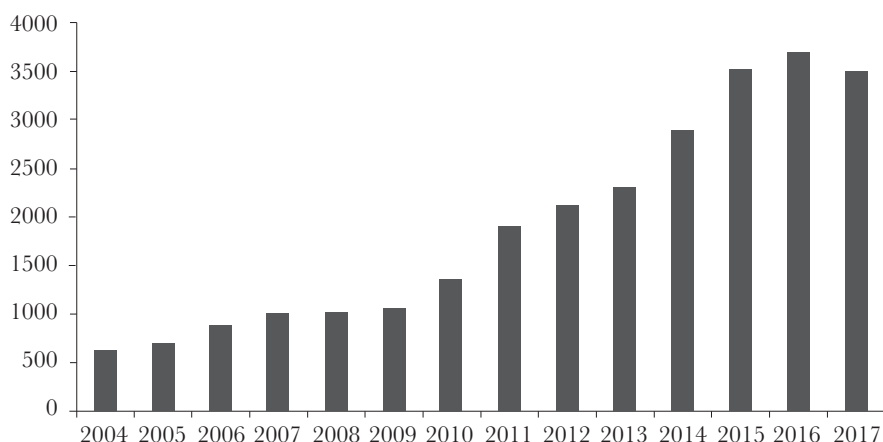
GRÁFICA 7
PATENTES MUNDIALES EN NT, 2010-2018



FUENTE: elaboración propia a partir de *Nano Science, Technology and Industry Scoreboard*, disponible en: <http://statnano.com/>.

A continuación observamos el número de patentes internacionales otorgadas por la OMPI. En este gráfico se ilustra cómo en el último año las patentes en NT otorgadas por esta organización han disminuido. El número de patentes internacionales crece pausadamente entre 2004 hasta 2010, y a partir de 2011 las patentes otorgadas empiezan a aumentar significativamente. Entre 2011 a 2013 incrementan de 1,852 a 2189 patentes otorgadas. Posteriormente, entre 2014 a 2016, a pesar de observar un aumento en el número de patentes otorgadas, porcentualmente el incremento ha sido menor. Entre 2013 y 2014 aumentan un 20%; para 2015, únicamente aumentan 17%, y para 2016 el aumento porcentual es del 5.3%.¹⁰⁴ Mientras que las cifras más recientes de 2017 muestran una pequeña disminución.

GRÁFICA 8
NÚMERO DE PATENTES OTORGADAS EN NANO
ENTRE 2004-2017, OMPI¹⁰⁵



FUENTE: elaboración propia a partir de Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), disponible en: <https://www3.wipo.int/ipstats/IpsStatsResultvalue>.

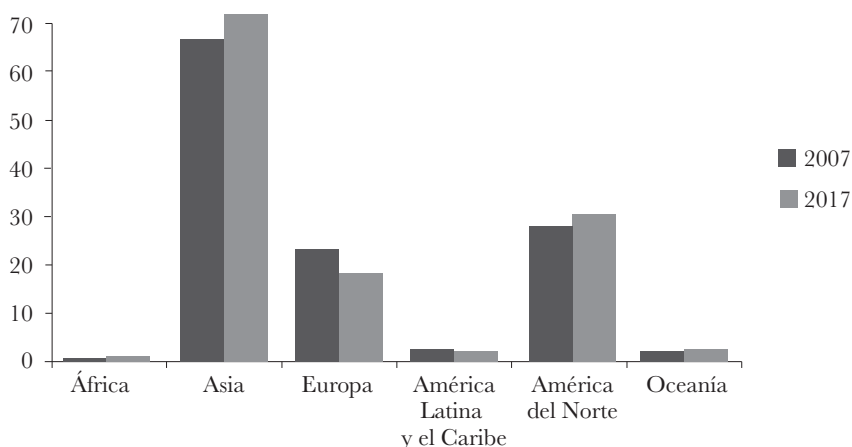
En la siguiente gráfica podemos observar una perspectiva de crecimiento entre los años 2007 a 2017 del porcentaje de participación del total

¹⁰⁴ Para mayor información, disponible en: <https://www3.wipo.int/ipstats/IpsStatsResultvalue> bajo el criterio “Micro-Structural and Nano-Technology” considerando todas las oficinas y todos los idiomas.

¹⁰⁵ Patentes de acuerdo con *IP Statistics Data Center* de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual bajo el criterio de búsqueda “Micro-Structural and Nano-Technology”, tomando en cuenta todas las oficinas y todos los idiomas.

mundial de patentes otorgadas por región. Asia tiene el mayor número de patentes otorgadas, con una diferencia de más del doble con la región más próxima: América del Norte. América Latina y el Caribe presentan porcentajes similares, que se encuentran entre el 1.4 y 1.8, respectivamente, en 2017. Entre 2007 a 2017, la región europea disminuyó el porcentaje de patentes en relación con el total de patentes otorgadas en el mundo. Por último, África es la región con el menor porcentaje de patentes otorgadas.

GRÁFICA 9
PORCENTAJE DE PATENTES OTORGADAS POR REGIÓN
ENTRE 2007-2017



FUENTE: elaboración propia a partir de Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), disponible en: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2018.pdf.

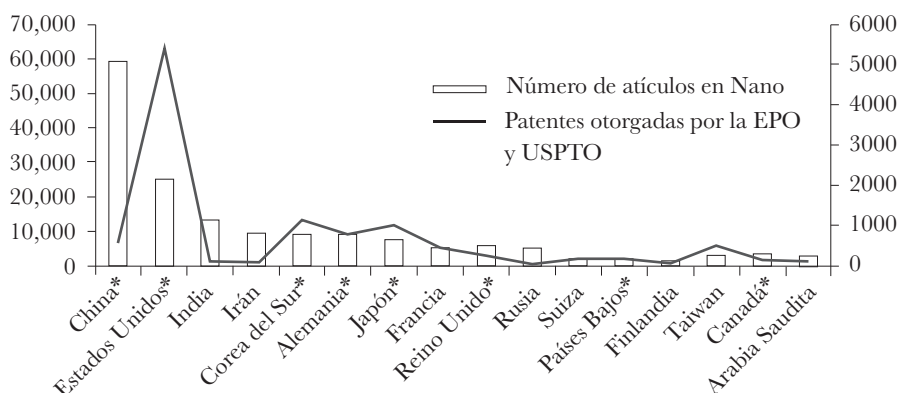
El análisis de registro “por país” se determina por el Estado contratante en el que el solicitante tenga su nacionalidad o domicilio. En el caso de nacionalidad, se considera la persona jurídica constituida de conformidad con la legislación nacional, y para el domicilio se considera la posesión de un establecimiento industrial o comercial efectivo o real en el Estado.¹⁰⁶ Por consiguiente, para efectos de análisis y congruencia de datos, se utiliza al solicitante como un elemento para clasificar las patentes por país.

En general, los países que tienen planes estratégicos o iniciativas nacionales en NT mantienen una mayor producción, tanto en artículos como en patentes. Esto deja entrever que una política pública orientadora, con

¹⁰⁶ Reglamento del Tratado de Cooperación en materia de Patentes 2014.

financiamiento específico, puede hacer la diferencia entre la socialización de los avances en NT y su estancamiento. Estos indicadores muestran una orientación (comercial); sin embargo, la importancia de la orientación objetiva es indudable.

GRÁFICA 10
 PATENTES OTORGADAS EN NANO POR LA OEP Y LA USPTO
 Y PUBLICACIONES EN NANO POR PAÍS EN 2017



NOTA: *Países que cuentan con planes estratégicos nacionales en nanotecnología. El número de artículos indexados en ISI.

FUENTE: elaboración propia, disponible en: <http://statnano.com/>.

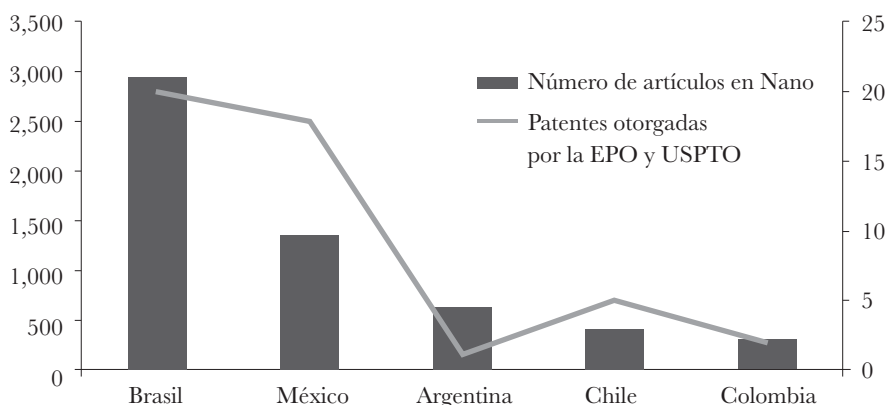
En relación con los demás países, Estados Unidos supera por mucho en el número de patentes otorgadas en la OEP y la USPTO. China tiene el mayor número de publicaciones en nano indexadas en ISI. Su bajo número de patentes en comparación con las publicaciones se puede deber a la preferencia de presentar solicitudes de patentes en la Oficina de Patente y Marca Registrada China. No obstante, la gráfica nos muestra las variaciones actuales en materia de patentes y publicaciones en los países con mayor participación.

En el caso específico de Latinoamérica, México tiene 1,361 publicaciones en nano en 2016, y cuenta con dieciocho patentes otorgadas por el USPTO y la OEP. Sin embargo, no significa que la investigación se lleve a cabo en México, o que la empresa o los inventores sean mexicanos. Por lo tanto, estos datos hacen más referencia al aspecto comercial o a la possibili-

dad de comercializar, que a la etapa de I&D para consolidar dicha patente. Es decir, las dieciocho patentes en NT de acuerdo con el PatentScope no pueden ser utilizadas como una variable de medición que refleje la I&D de NT en México por instituciones mexicanas.

De igual manera, podemos observar que Brasil tiene el doble de publicaciones en nano que México, pero sólo nos supera con dos patentes otorgadas por la USPTO y la OEP. Chile y Argentina son casos opuestos. Chile, en relación con los otros países, tiene un bajo número de publicaciones en nano, pero un alto número de patentes. Comparando patentes/publicaciones, le fueron otorgadas cinco patentes en la OEP y la USPTO, y cuenta con sólo 408 publicaciones, a diferencia de Argentina, que tiene 643 publicaciones en nano, pero sólo cuenta con una patente otorgada por la USPTO.

GRÁFICA 11
TOP 5 DE PATENTES OTORGADAS EN NANO POR LA OEP
Y LA USPTO, Y PUBLICACIONES EN NANO
DE PAÍSES LATINOAMERICANOS, 2017

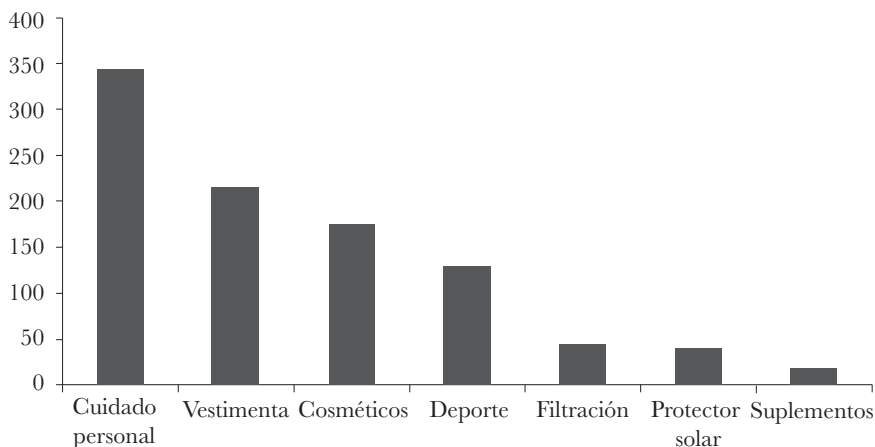


FUENTE: elaboración propia, disponible en: <http://statnano.com/>.

Por otro lado, el Inventario del Proyecto en Nanotecnologías Emergentes del Woodrow Wilson Center clasifica los productos en las siguientes categorías: salud y bienestar físico; hogar y jardín; automotriz; alimentos y bebidas; transversales; electrónicos y cómputo; electrodomésticos, y productos infantiles. Para el ámbito de la nanomedicina, nos interesa en particular la

subcategoría salud y bienestar físico. Dentro de ésta, mostramos el número de productos en el mercado en 2013 de acuerdo con sus usos.

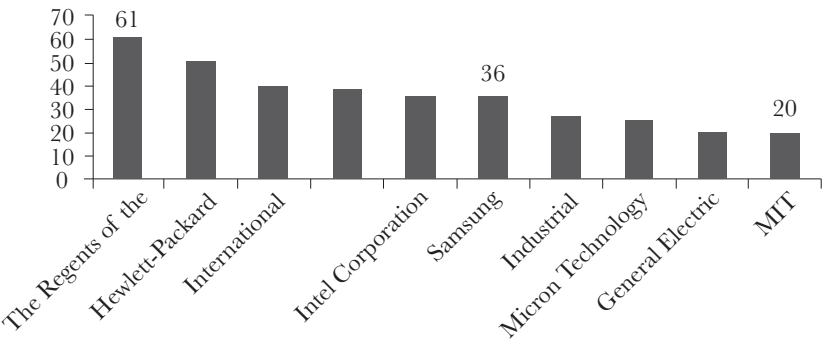
GRÁFICA 12
SUBCATEGORÍA DE SALUD Y BIENESTAR FÍSICO:
NÚMERO DE PRODUCTOS, 2019



FUENTE: Project on Emerging Nanotechnologies (2014). Consumer Products Inventory, disponible en: <http://www.nanotechproject.org/cpi> (fecha de consulta: febrero de 2019).

Por último, en las siguientes gráficas mostramos las compañías con mayor número de patentes publicadas en NT en la USPTO y en la OEP. En el caso de la USPTO, los Regents of the University of California tienen el mayor número de patentes, mientras que en la OEP es una compañía japonesa, Japan Science & Tech Agency, la que tiene más registros. En la oficina estadounidense, ocho de las diez son compañías de Estados Unidos. En lo que corresponde a la oficina europea, la variedad en países es más amplia, incluyendo Japón, Francia, Países Bajos, Corea del Sur, Estados Unidos e Irlanda.

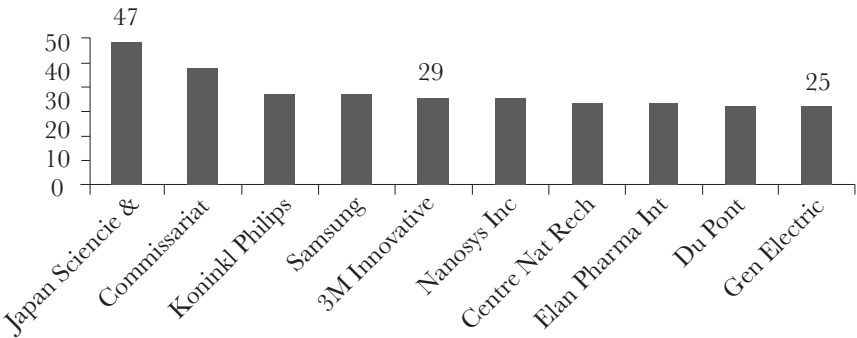
GRÁFICA 13
TOP 10 DE COMPAÑÍAS POR PATENTES PUBLICADAS EN NT
EN LA USPTO, 2005-2007



FUENTE: elaboración propia a partir de Chen, Hsinchun (2008), *Mapping Nanotechnology Innovations and Knowledge: Global and Longitudinal Patent and Literature Analysis*, Nueva York, Springer.

Estas dos últimas gráficas confirman la tendencia de concentración de patentes; en este caso, en manos de compañías trasnacionales con sede en países desarrollados o altamente industrializados

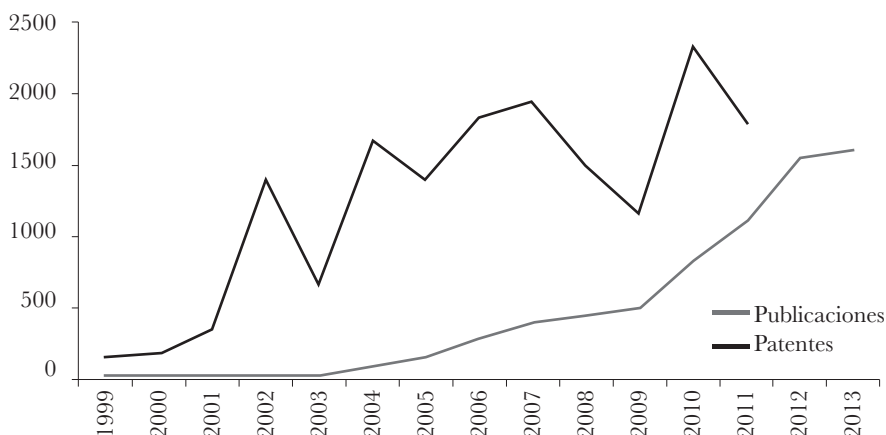
GRÁFICA 14
TOP 10 COMPAÑÍAS POR PATENTES PUBLICADAS
EN NT EN LA OEP, 2005-2007



FUENTE: elaboración propia a partir de Chen, Hsinchun (2008), *Mapping Nanotechnology Innovations and Knowledge: Global and Longitudinal Patent and Literature Analysis*, Nueva York, Springer.

En lo que refiere a nanomedicina, encontramos que hay una correlación positiva entre el número de artículos que se han publicado en la materia y el número de patentes; es decir, para el periodo 1999-2013 ambos indicadores han tenido un incremento sostenido, como lo podemos observar en el siguiente gráfico.

GRÁFICA 15
NÚMERO DE PATENTES Y PUBLICACIONES EN NANOMEDICINA
A NIVEL INTERNACIONAL, 1999-2013

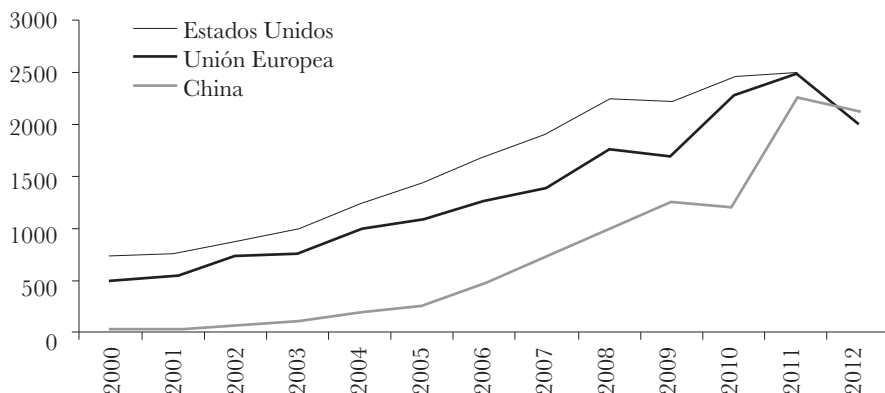


FUENTE: Malinosky, Frank (2014), “The Nanomedicine Alliance: an Industry Perspective on Nanomedicines, Nanomedicine”, *Nanotechnology, Biology and Medicine*, núm. 10.

El incremento en publicaciones y patentes también se sincroniza con los países protagonistas de las publicaciones en nanomedicina. Estados Unidos, China y la Unión Europea, prácticamente capturan el liderazgo. Las áreas nanomédicas son diversas, pero si fuéramos a tomar un aspecto, la entrega de fármacos, por ejemplo, encontraríamos que tal desempeño se mantiene. Esto es evidente, de acuerdo con estudios de Xiao y colaboradores, el cual retomamos e ilustramos en el siguiente gráfico.

GRÁFICA 16

PUBLICACIONES SOBRE ENTREGA DE FÁRMACOS USANDO NT



FUENTE: Zhou, Xiao *et al.* (2014), “Nano-Enabled Drug Delivery: A Research Profile in Nanomedicine”, *Nanotechnology, Biology and Medicine*, núm. 10.

En el gráfico anterior podemos observar la ventaja que tiene Estados Unidos sobre la Unión Europea y China en publicaciones sobre la entrega de fármacos usando NT. Se percibe que en 2008 hay un incremento en las publicaciones tanto de Estados Unidos como de la Unión Europea; mientras que el incremento en China se ve un año después. No obstante, para 2010, hay una disminución en las publicaciones, que se ve revertido en 2011 con un sustancial aumento en las publicaciones, alcanzando, e incluso, rebasando a la Unión Europea para 2012. Esto se puede deber a la caída en publicaciones de la Unión Europea en 2011. A diferencia de China y la Unión Europea, se observa en el gráfico que Estados Unidos ha tenido un aumento casi constante de publicaciones sobre NT en la entrega de fármacos.

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con la teoría de la TH, es necesario innovar a partir de la interacción entre universidad-industria-gobierno. Cabe aclarar que este paradigma es empleado, debido a que nutre la política de impulso a las NT a nivel mundial, y concretamente en México. Las relaciones entre las tres hélices no son constantes, y no tienen el mismo grado de interacción. Por

ejemplo, la industria realiza la I&D, o el gobierno cede su papel regulatorio. Las tendencias actuales en NT y nanomedicina a nivel global se inclinan por crear programas que fomenten y promuevan el comercio de las NT. La innovación es primordial, y el conocimiento debe ser comercialmente viable.

En un segundo apartado observamos las tendencias globales en el área de las NT. Los países con mayor número de publicaciones científicas en NT y NSE son Estados Unidos, China, India e Irán. De cualquier manera, Estados Unidos continúa siendo el país con el mayor número de registros de patentes en NT en el OMPI, USPTO y OEP. El hecho de que Estados Unidos tenga el mayor número de patentes hace hincapié en el liderazgo de sus corporaciones, tanto en la I&D como en la dirección que ésta ha venido teniendo.

En el caso de Latinoamérica, el país dominante es Brasil, que tiene el doble de publicaciones en nano que México. Sin embargo, únicamente supera a México con dos patentes otorgadas por la USPTO y la OEP. Chile y Argentina son opuestos. En relación con los otros países, Chile tiene un bajo número de publicaciones en nano, pero un alto número de patentes. Mientras que Argentina tiene 643 publicaciones en nano, pero sólo cuenta con una patente otorgada por la USPTO.

En lo que respecta las regiones, Asia tiene el mayor número de patentes otorgadas por la OMPI, se encuentra por encima de América del Norte con más de 400,000 patentes. Europa y América del Norte presentan números de patentes similares. A la región europea se le otorgaron, aproximadamente, 163,000 patentes, mientras que a América del Norte le otorgaron 188,000. No obstante, para 2016 las patentes otorgadas a América del Norte incrementan un 40% más que en Europa.

Podemos concluir que la comercialización de las NT es el objetivo principal. La tecnología se ha revaluado como un producto estratégico de ser financiado, investigado y comercializado. Destacamos que se habla de tecnología y no de conocimiento o ciencia. No nos sorprende que el tema con más publicaciones científicas sean los nanotubos de carbono. Los Estados Unidos muestran un predominio sobre los demás países; pero cómo no esperar esto, si tan sólo el PIB de 2012 es de 16.16 billones de dólares y dedica el 2.79% a I&D, que equivale a 450.9 miles de millones de dólares (el Banco Mundial).

El papel de México queda en rezago tanto en la I&D como en la comercialización de las NT. Esto es lógico, debido a la realidad social histórica del país, en el que no se ha tenido un interés amplio por la I&D de la

ciencia, y en el que tampoco se ha definido una estrategia de pertinencia científica social que beneficie a las mayorías. El modelo de la TH también está presente en los programas de C&T de México, que, como hemos visto, orienta el desarrollo científico y tecnológico a favor del sector privado-comercial.