

El despertar del dragón: Tendencias globales en nanotecnología

The awakening of the dragon: Global trends in nanotechnology

Laura Vidal¹

Resumen

La generación de nanociencia se presenta estable a lo largo de un período de tiempo, a diferencia de las patentes, cuya trayectoria en el tiempo parece ser aleatoria. El dominio de Estados Unidos, tanto en la generación de nanociencia como de patentes de nanotecnología, es evidente. A pesar de ello, por el lado de la esfera de publicaciones, China sobrepasa a Estados Unidos en cantidad de artículos publicados sobre nanociencia. Por otro lado, en el aspecto de las patentes, Japón y Corea del Sur parecen querer competir con Estados Unidos en materia de nanotecnología.

Palabras Clave: Nanotecnología; generación de nanociencia; patentes, tendencias globales.

Abstract

Nanoscience production appears stable over a period of time, unlike patents which trajectory over time seems aleatory. The control of the United States in both, the generation of nanoscience and nanotechnology patents, is evident. However, in the area of publications, China overtakes the United States in number of articles published on nanoscience. And in the field of patents, Japan and South Korea seem to want to compete with the United States in nanotechnology.

Keywords: Nanotechnology; Nanoscience production, patents, global trends.

Introducción

El propósito de este artículo es identificar la relevancia que tiene cada país en la esfera global en el área de nanotecnologías; así como mostrar los flujos y fuerzas en temas de nanotecnología,

¹ Candidata al Doctorado en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Licenciada en Derecho por el ITESM-CCM.

específicamente en áreas de publicaciones científicas, patentes, productos y compañías. La conjunción de estas áreas nos permite evaluar las tendencias globales actuales en nanotecnología, que si bien no son definitivas, muestran una trayectoria.

Antes de abordar el tema principal es necesario brindar una definición de nanotecnología (NT). De acuerdo con la Iniciativa Nacional de Nanotecnología de Estados Unidos (NNI), la nanotecnología es “el conocimiento y el control de la materia en dimensiones entre aproximadamente 1 y 100 nanómetros (nm), donde los fenómenos únicos permiten novedosas aplicaciones” (NNI, <http://www.nano.gov/>). La Comisión Europea también manifiesta una opinión al respecto, y considera a la NT como “ciencia y tecnología a escala nanométrica de los átomos y moléculas, y a los principios científicos y nuevas propiedades que pueden ser comprendidas y controladas cuando se interviene a dicha escala” (Comisión Europea, 2004).

Un nanómetro es la mil millonésima parte de un metro. Para ilustrar, un cabello es 80,000 nm de ancho, una bacteria en promedio es de 1,000 nm, una célula de sangre es de 5 nm de diámetro, una molécula de glucosa es 1 nm (NNI; NCI). La nanotecnología permite “crear materiales, dispositivos y sistemas esencialmente con nuevas propiedades y funciones debido a su pequeña estructura” (Roco et al., 2010).

Por ejemplo, el uso de nanopartículas de oro para el diagnóstico de cáncer (Allhoff, 2009). En México, científicos del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (Ciatej) crearon un prototipo de microchip a base de proteínas y nanopartículas de oro para detectar el cáncer de mama en etapas tempranas (‘Crean prototipo de microchip para la detección de cáncer de mama’, Ciatej). La nanopartículas de oro,

también son utilizadas en los proceso de administración de fármacos. La Rice University, en Texas, desarrolló la plataforma *nanoshell* que es una nanoesfera de metal dieléctrico con una resonancia óptica y una función relativa al tamaño de sus capas. Una vez insertadas las nanocápsulas en un fármaco polímero, se inyectan en el cuerpo, y éstas a su vez se acumulan en las células tumorales. Con el calor de un láser se libera el fármaco, teniendo un efecto eficaz en la entrega del mismo (Freitas, 2005). AuroShell® utiliza *nanoshells* de oro inyectados vía intravenosa para tratamiento contra el cáncer (Etheridge et al., 2013).

I. Generación de nanociencia

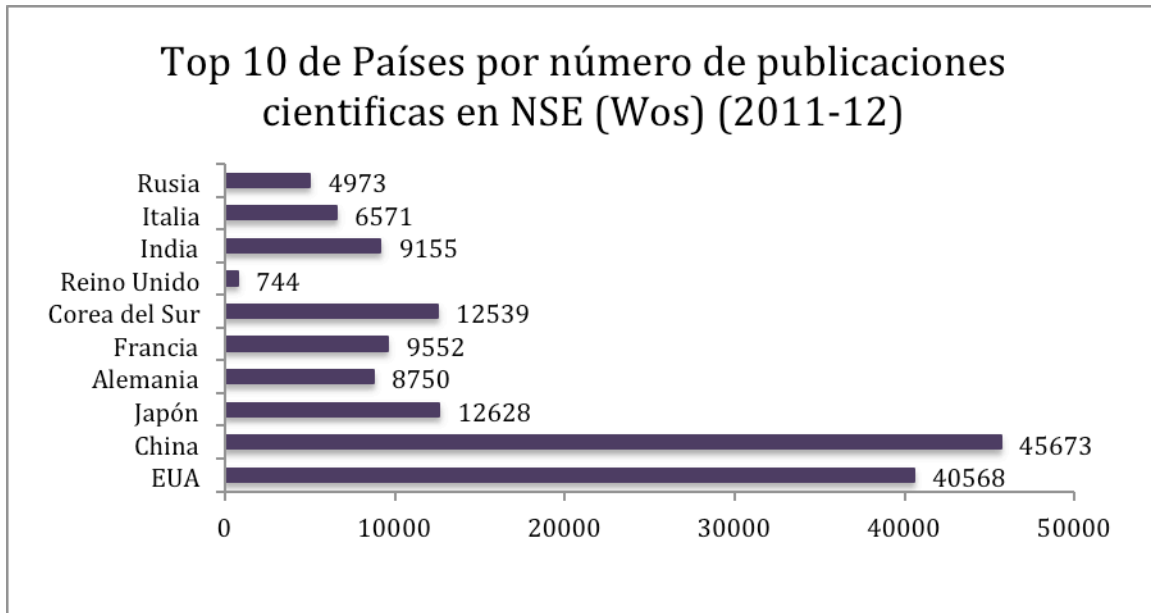
La producción de publicaciones científicas puede servir como un indicador del avance de la investigación y desarrollo, en este caso de las nanotecnologías. China y Estados Unidos (US) se encuentran en la delantera por mucho cuando se trata de publicaciones en este tema. Sin embargo, con los datos que se tienen no es posible evaluar la calidad de la producción científica; lo cual sería un ajuste significativo al momento de evaluar la producción de cada país.

De acuerdo con Chen y colaboradores, la producción de artículos científicos en nanociencia de China rebasa a la estadounidense, por más de 5 mil artículos entre 2011 y 2012. Japón y Corea del Sur están por debajo con más de 12 mil artículos científicos. Posteriormente, se encuentran Francia y a la India, con alrededor de 9 mil publicaciones (Gráfica 1).

Asimismo, China dedica 15.88% del total de sus artículos a temas de nanotecnología (Gráfica 2). A diferencia de EUA que dedica el 5.92% del total de sus publicaciones. Podría significar poco, en términos cuantitativos pero la gráfica anterior nos muestra que China tiene mayor numero de publicaciones en estos términos. Sin

Gráfica 1

Los diez países por publicaciones científicas (Wos) en NSE (2011-2012)



Fuente: Elaboración propia a partir Chen, Hsinchun, Roco, Mihail C., Son, Jaebong, Jiang, Shan, Larson, Catherine A. and 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> [22 octubre 2014].

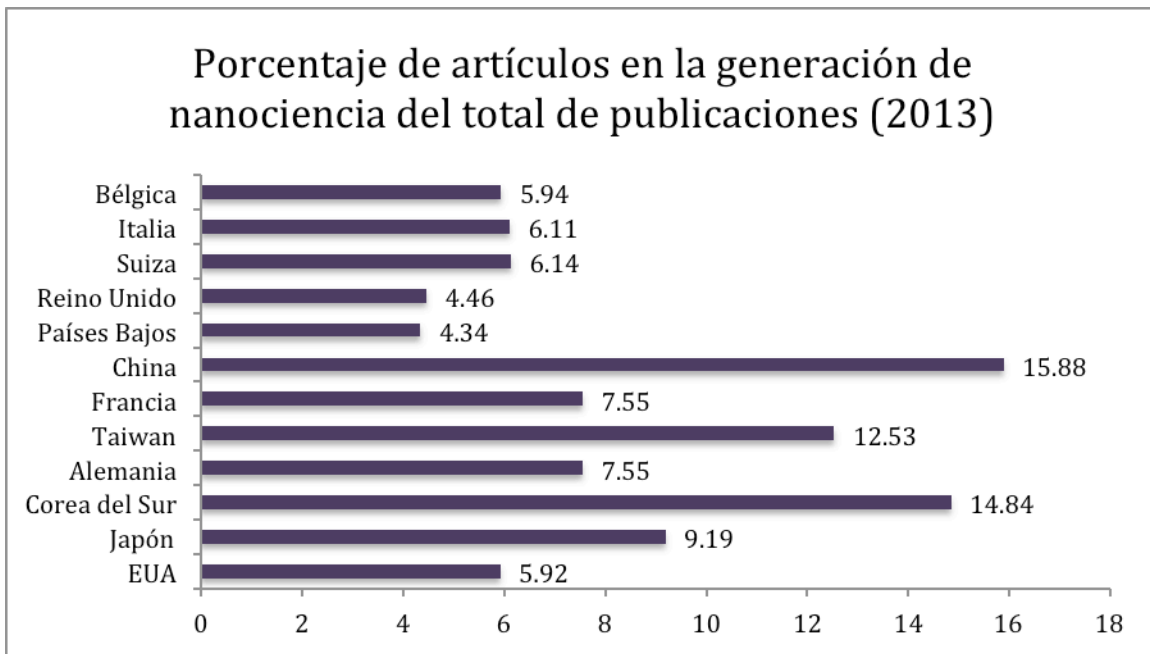
embargo, en términos cualitativos, se desconoce la calidad de la investigación y de las publicaciones; lo cuales serían otro factor importante por evaluar.

Igualmente habría que considerar la producción científica de Corea del Sur, Japón y Taiwán. Corea del Sur publica el 14.84% del total, Japón 9.19% y Taiwán 12.53%. Sin el objetivo de compararlos con (US), la producción en si misma en un área tan específica como lo es la nanotecnología, esos porcentajes es alta. Además, estos tres países, junto con China, se encuentran entre los países cuya colaboración internacional en la generación de la nanociencia es de lo más baja. Esto quiere decir, que la mayoría de la generación de la nanociencia la llevan acabo ellos mismos, de

manera local (Gráfica 2). Es posible que esto se relacione con las políticas públicas y las economías de cada uno de estos países. No obstante, esto no ha impedido el interés y desarrollo en el tema de las nanotecnologías como se puede observar hasta ahora.

Gráfica 2

Porcentaje de artículos ISI-indexados en NT del total de artículos ISI-indexados de cada país



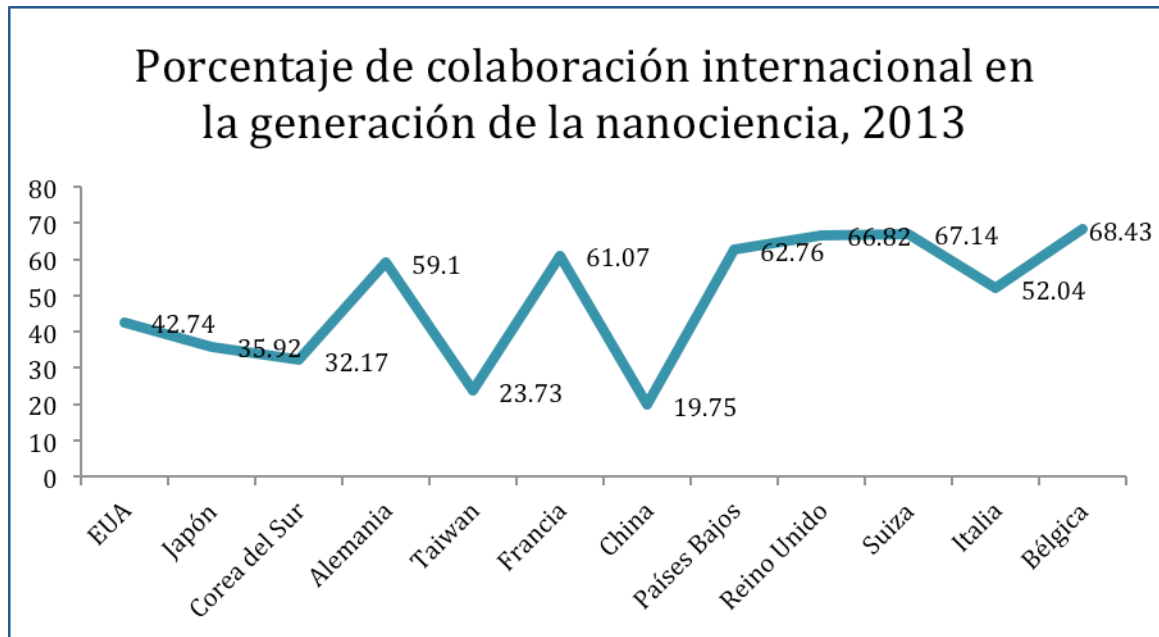
Fuente: Elaboración propia a partir de Nano Science, Technology and Industry Scoreboard. Disponible en <http://statnano.com/>

Por el contrario, Bélgica sostiene el mayor porcentaje de colaboración en artículos en nanociencia. Con un cercano, aunque aún menor porcentaje se encuentran: Suiza, Reino Unido, Países Bajos, Francia y Alemania. Para el caso de México, la colaboración internacional en la generación de nanociencia es similar al porcentaje de Alemania, con un 55.08% (Gráfica 3) (<http://statnano.com/>).

En los últimos diez años, entre los temas más investigados por la nanociencia se encuentran los nanotubos de carbono, la fuerza atómica y los puntos cuánticos (Cuadro 1). Chen y colaboradores

Gráfica 3

Porcentaje de artículos en colaboración internacional en generación de nanociencia en 2013



Fuente: Elaboración propia a partir de Nano Science, Technology and Industry Scoreboard. Disponible en <http://statnano.com/>

han enlistado los principales temas abordados en las publicaciones científicas entre el 2001 al 2010. Los nanotubos de carbono son el enfoque central. Una gran parte de los temas identificados se enfoca 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.

Nuevamente, las posibles aplicaciones de la nanotecnología en fármacos se encuentran dentro de los principales temas publicados en el área. En específico, la administración de fármacos ofrece un camino comercial interesante debido a la características físico-químicas que presentan las nanopartículas, como: la posibilidad de cruzar la barrera hematoencefálica; lo cual permitiría tratar

enfermedad de tipo neurológicas (Freitas, 2005; McHale, 2009; Sahoo et al., 2007).

Cuadro 1

Principales temas de publicaciones científicas (2001-2010)

Temas identificados de las publicaciones científicas (WoS)	
Tema	Número de publicaciones
Nanotubos de carbono	37435
Fuerza atómica	22728
Puntos cuánticos	17402
Propiedad mecánicas	6270
Modelado molecular	4241
Actividad fotocatalítica	3236
Tamaño de la partícula	2785
Células solares	2676
Propiedades magnéticas	2612
Película finas (thin film)	2386
Límite de detección	2379
Actividad catalítica	2078
Simulación de dinámica molecular	1851
Administración de fármacos	1668
Peso molecular	1662
Células madre	1357
Temperatura ambiente	1336
Granulometrías	1154
Propiedades ópticas	1107
Superficie de oro	1016
Estructura de cristal	908
Solución acuosa	901
Teoría Funcional de Densidad	802
Dependencia térmica	716
Superficie plasmon	481
Fluidez	466
Frontera de grano	433
Cadena de polímeros	276
Cristal fotónico	220

Efecto cuántico	214
Membranas de nanofiltración	205

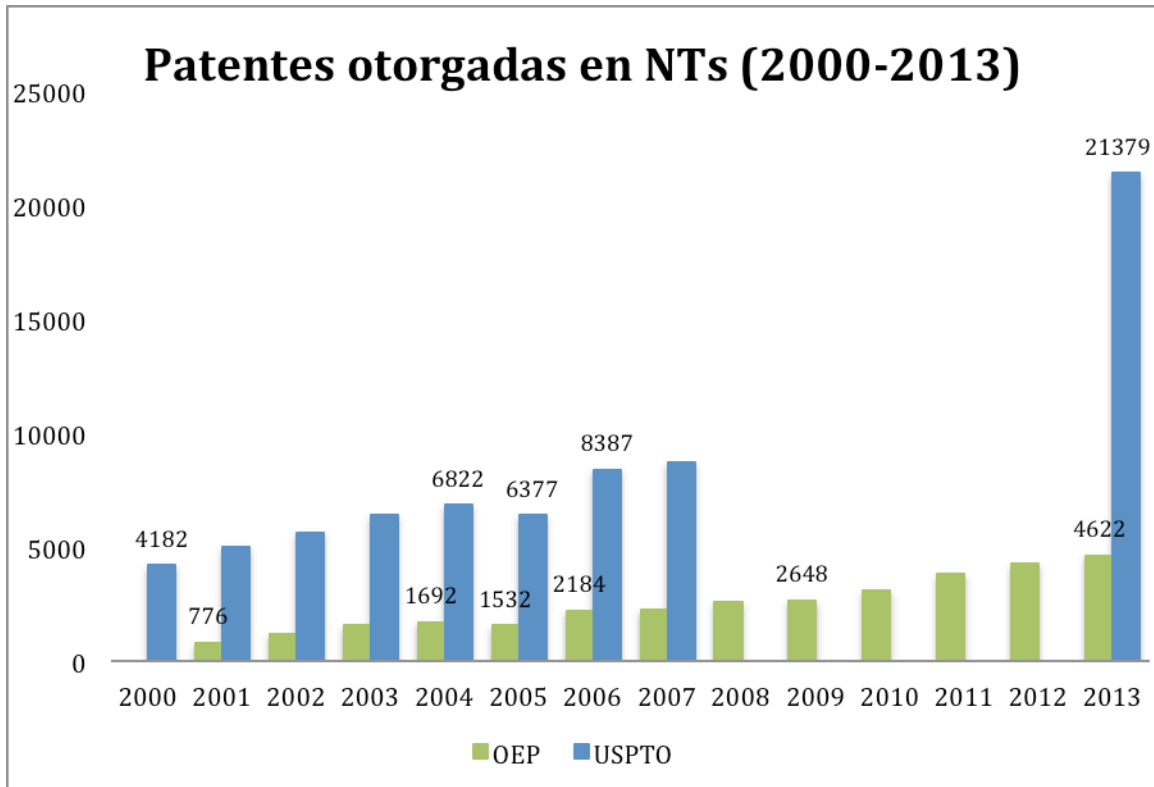
Fuente: Chen, Hsinchun, Roco, Mihail C., Son, Jaebong, Jiang, Shan, Larson, Catherine A. and Gao, Qiang (2013), Global Nanotechnology Development from 1991 to 2012: Patents, Scientific Publications, and Effect of NSF Funding. *Journal of Nanoparticle Research*, 15(9), disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11051-013-1951-4>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

II. Mapeo internacional de patentes en nanotecnología

Para el análisis de las patentes en nanotecnología se consideraron tres oficinas/organización: la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés), la Oficina Europea de Patentes (OEP) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Sin embargo, existen muchas otras oficinas de patentes que podrían presentar información relevante en el tema, pero no es posible abarcar todo con la profundidad que se requiere y sería necesario diseñar parámetros de medición para poder realizar cruces comparativos pertinentes. A pesar de esta ausencia, los datos recolectados y analizados arrojan interesantes tendencias.

Se muestra (Gráfica 4) el incremento constante en el número de patentes otorgadas en materia de nanotecnología por las USPTO y la OEP en el período de 2000 al 2013. El número de patentes otorgadas por la oficina estadounidense es sustancialmente superior a las otorgadas por la europea. En el año 2013, la diferencia fue tres veces mayor entre la oficina estadounidense y la europea. Esta diferencia se explica ya que US tiene el 57% de las patentes de la USPTO, mientras que la oficina europea tiene el 34%. Además de que el número de patentes total en la oficina estadounidense es mayor, las patentes en esta oficina se encuentran monopolizadas por el mismo US.

Gráfica 4
Patentes otorgadas en NTs (2000-2013)



Fuente: Elaboración propia a partir de Nano Science, Technology and Industry Scoreboard. Disponible en <http://statnano.com/>

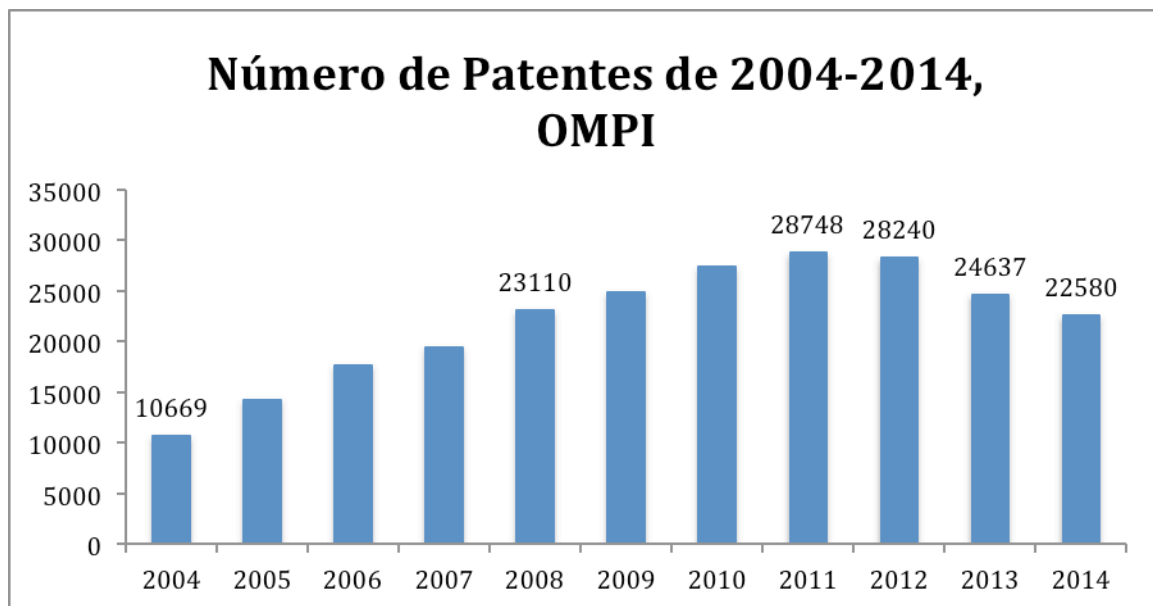
Por otro lado, la OMPI muestra el número de patentes internacionales por país u oficina otorgadas por ella, con una trayectoria distinta. Entre 2004 a 2011 se observa un crecimiento paulatino, hasta el 2012, donde las patentes otorgadas empiezan a disminuir. A partir del 2012, decrece en 500 patentes. Posteriormente, su reducción es significativa, llegando a 3000 patentes menos en 2013.

Se observa (Gráfica 5) que US es el país con el mayor número de patentes otorgadas por la OMPI entre 2004 y 2014. El segundo lugar, lo tiene la misma OMPI con la mitad de patentes que US. China se ubica por debajo del OMPI con una reducida diferencia.

Posteriormente, se encuentran Japón, la OEP, Canadá y Corea del Sur.

Gráfica 5

Número de Patentes nano (2004-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Disponible en <http://www.wipo.int/portal/en/index.html>

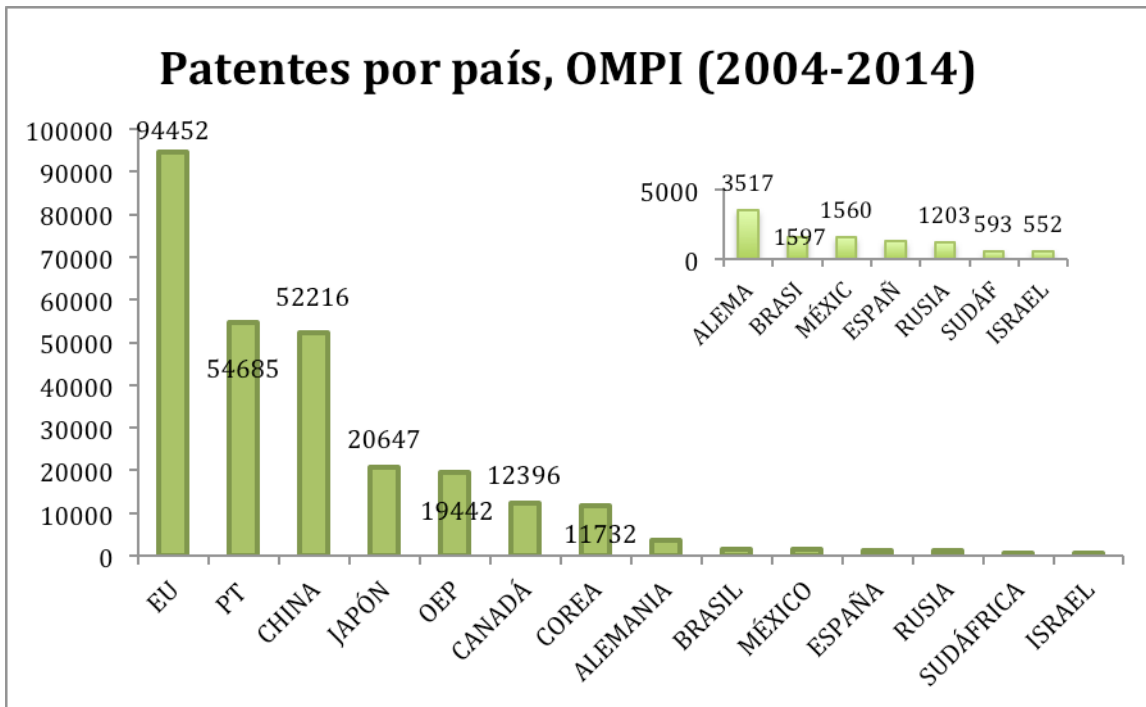
El análisis de registro “por país” es determinado por el Estado contratante, en el que el solicitante tenga su nacionalidad o domicilio. En el caso de nacionalidad, se considera una persona jurídica constituida de conformidad con la legislación nacional; y para el domicilio se considera la posesión de un establecimiento industrial o comercial efectivo o real en el Estado (Reglamento del Tratado de Cooperación en materia de Patentes, Julio 2014). Por consiguiente, para efectos de análisis y congruencia de datos se utiliza al solicitante como un elemento para clasificar las patentes por país.

En consideración con la lista de diez de cada una de las oficinas de patentes (USPTO y OEP), se tiene como resultado una lista de 12

países. Esto quiere decir que 8 países dominan en ambas oficinas con el mayor número de patentes, los cuales son: Estados Unidos,

Gráfica 6

Patentes internacionales por país de acuerdo al OMPI (2004-2014)



Fuente: Elaboración propia a partir de Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Disponible en <http://www.wipo.int/portal/en/index.html>

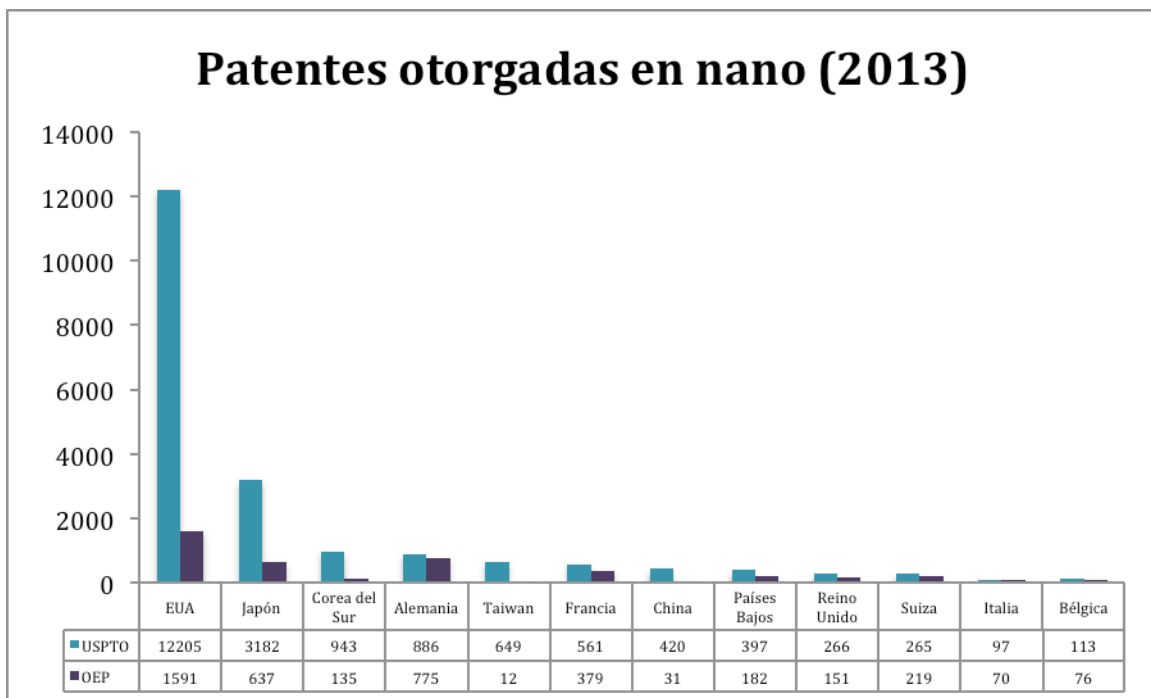
Japón, Corea del Sur, Alemania, Francia, Países Bajos, Reino Unido y Suiza. China y Taiwán tienen un número alto de patentes otorgadas por la oficina americana, más no por la europea. El caso de Bélgica y Italia es opuesto, ya que estos se encuentran dentro de los 10 países con mayor número de patentes otorgadas en nano por la oficina europea pero en la americana ocupan el 13° y 15° lugar, respectivamente. US ocupa el primer lugar en número de patentes otorgadas en ambas oficinas. Los siguientes dos países son Japón y Corea del Sur en el caso de la oficina estadounidense; y Alemania y Japón en la oficina europea.

Existe cierta homogeneidad entre los países con mayor número de patentes y los países con mayor número de publicaciones. Rusia e

India son los únicos países que figuran entre los principales países con mayor número de publicaciones científicas en nanociencia pero no se encuentran entre los países con mayor número de patentes en ninguna de las dos oficinas. En el año 2013, la USPTO otorgó 53 patentes en nanotecnología a la India, mientras que la OEP le otorgó 18. En el caso de Rusia, el número de patentes es menor, cada oficina le otorgó 2 patentes en nano (Gráfica 7).

Gráfica 7

Patentes en NT por país (2013)



Nota: Oficina de Patentes y Marcas de EUA, USPTO por sus siglas en inglés; y la Oficina Europea de Patentes, OEP.

Fuente: Elaboración propia a partir de Nano Science, Technology and Industry Scoreboard. Disponible en <http://statnano.com/>

Por último, se muestran las compañías con mayor número de patentes publicadas en nanotecnología en la USPTO y en la OEP (Gráfica 8 y Gráfica 9). En el caso de la USPTO, Regents of the University of California tiene el mayor número de patentes,

mientras que en la OEP es una compañía japonesa, Japan Science & Tech Agency, con más registros; en la oficina estadounidense ocho de las diez son compañías de US.

Gráfica 8

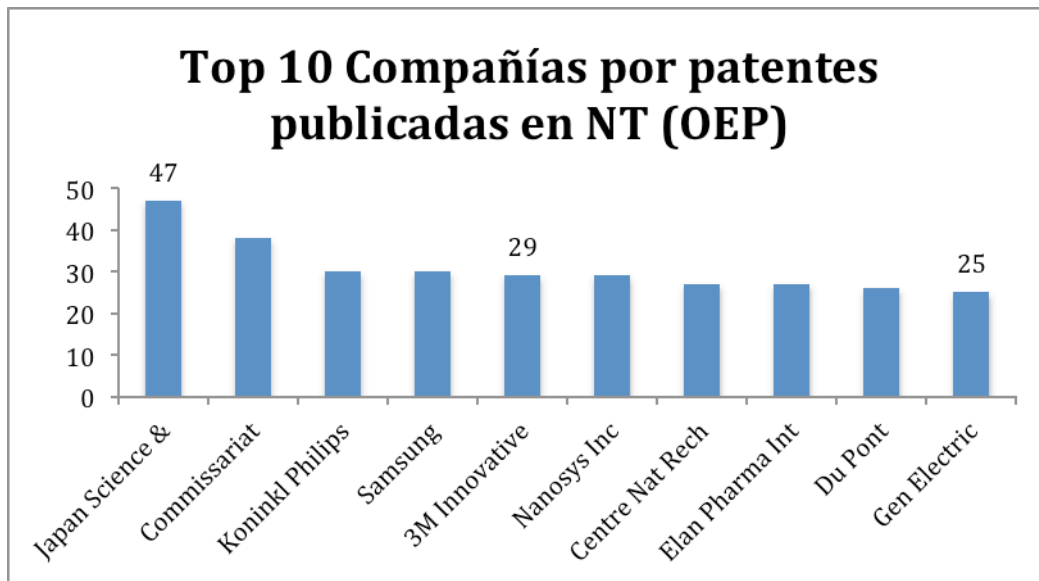
Lista de 10 Compañías por patentes publicadas en NT en la USPTO (2005-2007)



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

Gráfica 9

Lista de 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*. New York: Springer.

En lo que corresponde a la oficina europea, la variedad de países es más amplia, incluyendo: Japón, Francia, Países Bajos, Corea del Sur, US e Irlanda. Las dos últimas gráficas confirman la tendencia de concentración de patentes; en este caso, en manos de compañías transnacionales con sede en países desarrollados o altamente industrializados.

III. Conclusiones

Los dos países contendientes en términos de publicaciones y patentes son US y China; cuya competencia está siendo desestabilizada principalmente por Japón y Corea del Sur. China parece ser un contrapeso a US. El número de publicaciones científicas es mayor, aunque se desconoce la calidad de la investigación.

Se puede concluir, que los países asiáticos están buscando obtener un lugar importante en la investigación, desarrollo y producción de nanotecnología. Competir con el gigante estadounidense no es algo sencillo, aunque los países asiáticos antes mencionados, han encontrado un nicho viable para dicha competencia y lo están explotando. El enfoque de China recae en la publicaciones científicas, mientras que Japón y Corea del Sur, se centran más en las patentes y productos.

Mediante los datos utilizados es posible observar que la generación de nanociencia es estable y constante a lo largo de un período de tiempo. A comparación del desarrollo de las patentes, que se muestra inestable en este mismo período de tiempo. Esto se puede deber a multitud de variables; sin embargo no es el propósito de este trabajo explicar el porque de dicha inestabilidad, sino mostrar la fragilidad y finura de esta tendencia.

IV. Bibliografía

- Allhoff, Fritz (2009), The Coming Era of Nanomedicine. *The American Journal of Bioethics*, 9(10), 3–11, disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15265160902985027> [26 August 2013].
- Chen, Hsinchun (2008), *Mapping Nanotechnology Innovations and Knowledge: Global and Longitudinal Patent and Literature Analysis*. New York: Springer.
- Chen, Hsinchun, Roco, Mihail C., Son, Jaebong, Jiang, Shan, Larson, Catherine A. and 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> [9 May 2014].
- Comisión Europea (2004), Hacia Una Estrategia Europea Para Las Nanotecnologías, in: COM/2004/0338 final, disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/ALL/;jsessionid=TvcdTz9RG4cxWWQJNtqsjvcNLmJBR8m6CGKnPvQX024Y95NQ0nsh!-320868561?uri=CELEX:52010DC2020> [15 marzo 2014].
- Etheridge, Michael L., Campbell, Stephen A., Erdman, Arthur G., Haynes, Christy L., Wolf, Susan M. and McCullough, Jeffrey (2013), The Big Picture on Nanomedicine: The State of Investigational and Approved Nanomedicine Products. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 9(1): 1–14, disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1549963412002882> [11 agosto 2013].
- Freitas, Robert A. (2005), What Is Nanomedicine? *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 1(1): 2–9, disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1549963404000048> [26 agosto 2013].
- McHale, Jean V. (2009), Nanomedicine and the EU: Some Legal, Ethical and Regulatory Challenges. *Maastricht Journal of European and Comparative Law*, 16(1): 65–89.
- National Cancer Institute National Cancer Institute. Alliance for Nanotechnology in Cancer, disponible en: <http://nano.cancer.gov/> [3 octubre 2013].

- NNI (2013), National Nanotechnology Initiative, disponible en: <http://www.nano.gov> [5 marzo 2013].
- Roco, Mihail C., Mirkin, Chad A. and Hersam, Mark C. (2010), *Nanotechnology Research Directions for Societal Needs in 2020*.
- Sahoo, S.K., Parveen, S. and Panda, J.J. (2007), The Present and Future of Nanotechnology in Human Health Care. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 3(1): 20–31, disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S154996340600342X> [25 julio 2013].
- *Reglamento Del Tratado de Cooperación En Materia de Patentes* (2014).
- Crean Prototipo de Microchip Para La Detección de Cáncer de Mama, disponible en: http://mctnoticias.mx/index.php/ciencia/salud/447-reportaje-entre-mas-pronto-mejor-por-un-diagnostico-oportuno-del-cancer-de-mama?utm_source=newsletter_72&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-02-14 [28 noviembre 2014].
- Nano Statistics. Nano Science, Technology and Industry Scoreboard, disponible en: <http://statnano.com/> [2 diciembre 2014].
- WIPO - World Intellectual Property Organization, disponible en: <http://www.wipo.int/portal/en/index.html> [11 agosto 2014].

Recibido 15 de marzo 2015

Aceptado 15 de abril 2015