

Las tecnologías nanoscópicas en los centros y las periferias. El caso de los nanomateriales en Venezuela

Iván de la Vega¹
Marhilda Suárez²
Freddy Blanco³
Aura Troconis⁴
Gloria Aponte⁵

Introducción

Las tecnologías nanoscópicas, nanociencia y nanotecnología, están revolucionando el mundo. Se estima que en las próximas décadas la industria manufacturera estará atravesada en su totalidad por ese tipo de desarrollos tecnocientíficos. Inclusive, se habla de un nuevo orden económico mundial sustentado en procesos y productos nano. Algunos especialistas indican que los cambios que se avecinan serán de tanta relevancia y magnitud, que traerán más transformaciones que las ocurridas desde la revolución industrial hasta ahora.

Las tecnologías nanoscópicas tienen potencial para cambiarlo todo: la medicina y la cirugía, la potencia de la informática, los suministros de energía, los alimentos, los vehículos, las técnicas de construcción de edificios, la manufactura de tejidos y el desarrollo de nuevos materiales compuestos de propiedades inimaginadas. Hoy en día los actores sociales — gobiernos, inversores, empresas y científicos — de los países centrales y de varios de los denominados emergentes, han comprendido que la nanociencia y la nanotecnología son claves para su desarrollo y posicionamiento en el mercado global del mediano y largo plazo (De las Fuentes, 2007).

Las tecnologías nanoscópicas fueron propuestas en términos teóricos por el Premio Nobel de Física Richard Feynman. En una conferencia impartida en 1959 predijo que "había un montón de espacio al fondo" (el título original de la conferencia fue "*There's plenty of room at the bottom*") y auguraba una gran cantidad de nuevos descubrimientos. Hubo que esperar décadas para que avanzaran las técnicas experimentales. En los años ochenta del siglo pasado aparecieron dos tecnologías, la Microscopía de Túnel de Barrido (STM) y el microscopio de Fuerza Atómica (AFM). Esas herramientas permitieron, primero, observar los materiales a escala atómica y, segundo, manipular átomos individuales. Las tecnologías nanoscópicas emergieron como campo científico hacia mediados de la década de los noventa del siglo pasado. Hoy en día existen cerca de 3 mil productos generados con nanotecnología, pero la mayoría de ellos son para usos industriales (Portalciencia.net, 2007).

Un elemento considerado clave en este tipo de desarrollos tecnocientíficos, es el esfuerzo multidisciplinario y transdisciplinario que se necesita para progresar. Se involucran las ciencias química y bioquímica, biología molecular y física y las tecnologías de la ingeniería electrónica y de proteínas, microscopios y pruebas de proximidad, imágenes electrónicas y posicionamiento molecular electrónico, materiales científicos, química supramolecular y química computacional. La investigación y

¹ Asesor de la Coordinación de Prospectiva Tecnológica de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII) adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología. imdelavega@gmail.com

² Coordinadora de Prospectiva Tecnológica de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología. mabreu@fii.org

³ Profesor de la Universidad Católica Andrés Bello. Coordinación de Prospectiva Tecnológica de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología. fblanco@fii.org

⁴ Coordinación de Prospectiva Tecnológica de la Fundación Instituto de Ingeniería (FII), adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología. atroconis@fii.org

⁵ Consultor Independiente en Inteligencia Competitiva y Propiedad Industrial. gloriapontef@yahoo.com

desarrollo (I+D) actual se centra en descubrir nuevas áreas y trabajar en conjunto, debido a que cualquier avance en el campo de las tecnologías nanoscópicas comienza por los nanomateriales (Universidad Tecnológica Nacional - Mendoza, 2006). Esta nueva forma de interrelacionarse implica cambios en los mapas mentales de los individuos y de las sociedades. Son nuevas capacidades que hay que incorporar y eso tiene que ver con el entramado societal. Como todo cambio, lleva tiempo manufacturarlo y allí nuevamente los países centrales llevan ventaja.

La confluencia de varias disciplinas en un interés común por los fenómenos en la escala nanométrica se ha venido gestando por el hecho de mejorar procesos y productos que impacten positivamente en el mercado global (Correia et al., 2004). Hoy se habla de las tecnologías convergentes, las cuales se definen de forma distinta según las regiones mundiales. En la Tríada (EUA, Japón y Europa occidental) los investigadores y los diseñadores de políticas reconocen el potencial de las tecnologías convergentes en la transformación de todos los sectores de la economía y en el entendimiento de lo que significa el ser humano. El gobierno de los Estados Unidos se refiere a esta correlación como NBIC (la integración de Nanotecnología, Biotecnología, Informática / Tecnología de la Información y Ciencia de la Cognición) y comprende que dominar el mundo nanométrico equivale a dominar la naturaleza (ETC Group, 2004).

Se estima que la venta mundial de productos con nanocomponentes superará los 500 mil millones de dólares en el 2010 (Baker y Aston, 2005, en Foladori & Invernizzi, 2005) una cifra superior al total de las exportaciones de América Latina y el Caribe en 2004 (CEPAL, 2004). Y, para el 2014 el monto alcanzará los 2,9 millones de millones de dólares estadounidenses (Científica, 2007). El impacto de mayor potencial estará centrado en las áreas de: electrónica, energía y cuidados de salud (Nanobusiness Alliance, 2006).

El potencial de las tecnologías nanoscópicas es enorme, pero varios informes de organismos multilaterales o entidades de prestigio recomiendan investigar a mayor profundidad sus efectos. Uno de los elementos que se esgrimen, tiene que ver con las propiedades del material a escalas nanométricas, que es distinto que a dimensiones macro. Varios especialistas se preguntan si no se debería, antes que nada, aclarar qué efectos tienen las nanoestructuras sobre la salud humana y el medio ambiente. Informes de las Naciones Unidas, de la Royal Society Británica y de la Unión Europea coinciden con grupos ecologistas en admitir que el conocimiento sobre estos efectos es aún escaso. Además, planea el fantasma de la vieja polémica en torno a la biotecnología y los Organismos Modificados Genéticamente y la Transgénicos. Nadie quiere tropezar con un rechazo del público hacia la nanociencia y la nanotecnología (El país, 2007). En este sentido, se debería avanzar en la realización de estudios de percepción pública sobre el uso de las tecnologías nanoscópicas.

Los vectores de desarrollo en materia de tecnologías nanoscópicas varían de forma drástica entre los centros y las periferias. La denominada Tríada — Europa, Estados Unidos y los países más desarrollados de Asia — invierten en I+D más del 97% de los recursos mundiales, tanto en el sector público como en el privado, lo cual convierte a esos países, nuevamente, en la punta de lanza de esta nueva ola tecnológica.

La nanotecnología es el desarrollo y la aplicación práctica de estructuras y sistemas en una escala nanométrica — entre 1 y 100 nanómetros —. No hay que confundirla con el término ‘nanociencia’, que no implica una aplicación práctica pero sí el estudio científico de las propiedades del mundo nanométrico. ‘Nano’ es un prefijo griego que significa ‘mil millones’ — una mil millonésima parte de un metro y es la unidad de medida que se utiliza en el ámbito de la nanotecnología — (Nanovip, 2006).

El propósito del presente capítulo es determinar la capacidad actual de Venezuela en materia de nanomateriales, desde el punto de vista de la producción bibliométrica y de las patentes. Este tipo de información permite cuantificar los grupos de investigación productivos en el país y, a partir de allí, mejorar el proceso de toma de decisiones, al establecer parámetros que posibilitan proyectar las posibilidades reales de cara al futuro en esa área multidisciplinar.

En este trabajo se utilizaron distintas fuentes de información bibliográficas como documentos oficiales, artículos especializados en físico y electrónicos, la base de datos del Science Citation Index (SCI) y los documentos publicados por el Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual (SAPI) de Venezuela.

En referencia al Science Citation Index (SCI) la metodología utilizada fue la siguiente: definición del área de estudios (análisis de las tendencias de publicación en nano-materiales); determinación del alcance (detectar las tendencias de publicación científico-técnicas en los últimos 10 años en nano-materiales); obtención de la información (selección de palabras clave, selección de los indicadores a ser estudiados, diseño de las estrategias de búsquedas y recuperación de la información de las bases de datos del SCI); revisión, selección y clasificación (evaluación y validación del universo de información); análisis de la información (análisis de la evolución de los indicadores obtenidos).

En cuanto a las patentes, la búsqueda y recuperación de la información de los documentos publicados se realizó en el SAPI y se llevó a cabo mediante los siguientes pasos: contacto telefónico y personal con el coordinador de patentes de la oficina del SAPI; delimitación del alcance de la búsqueda de información; diseño de estrategias utilizadas por el SAPI: se utilizó la palabra nano-tecnología; se utilizó el prefijo nano (esto restringe la búsqueda a los trabajos que contengan ese prefijo); se utilizó la clasificación internacional: B82B; se seleccionaron las bases de datos: nacionales y las internacionales: Espacenet y Latipat; se obtuvo un informe que contenía la información relacionada con los documentos de patentes publicados por el SAPI.

Los resultados de la investigación demuestran la brecha existente entre los países centrales y la región de América Latina en materia de tecnologías nanoscópicas. Ese hecho ratifica la distancia tecnocientífica en otras áreas del conocimiento y permite establecer conjeturas en cuanto al futuro de los países y regiones. El cambio de paradigma que está en desarrollo profundizará las diferencias, debido a que es más complejo el entramado socioinstitucional que se debe tejer para abordar las nuevas capacidades. Al examinar otros indicadores como la inversión general en I+D de cada país, el número de investigadores, las publicaciones y las patentes y, sobre todo, las áreas donde se está publicando, se puede señalar que cada vez existe un mayor rezago en las periferias, en lo referente a las actividades de ciencia, tecnología e innovación.

1. Tendencias de las tecnologías nanoscópicas en centros y periferias

Una forma de medir por donde van los vectores de desarrollo de los países y regiones en materia de tecnologías nanoscópicas, es conociendo el esfuerzo que hacen en términos de inversión en I+D.

Tabla 1
Financiación de la nanotecnología en el mundo

Presupuesto estimado dedicado a Nanotecnología (M\$ / año)									
Región	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 (est.)
EU+	126	151	179	200	~225	~400	~650	~950	~1050
Japón	120	135	157	245	~465	~720	~800	~900	~950
EUA *	116* *	190**	255**	270**	465**	697**	862**	989**	1081**
Otros	70	83	96	110	~380	~520	~800	~900	~1000
Total	432	559	687	825	1,535	2,376	3,112	3,739	4,081

* El año fiscal comienza en los EUA en octubre y en otros países seis meses después, alrededor del 1 de Abril

** Corresponde al final del respectivo año fiscal

Otros: Australia, Corea, Canadá, Taiwán, China, Rusia, Singapur, Europa del Este, Israel y otros países

Fuente: Roco, 2005.

La tabla 1 muestra el comportamiento mundial en tanto recursos financieros destinados a la nanotecnología en un período de 9 años. Los países centrales monopolizan la inversión, al igual que en las otras áreas del quehacer tecnocientífico. Los informes técnicos de los países de la OCDE indican que el futuro se encuentra en la convergencia tecnológica a nivel nanoescalar. El esfuerzo que está realizando ese conglomerado de países para no quedarse rezagados con respecto a sus competidores, supone mayor inversión, mejorar las alianzas estratégicas y captación de personal altamente calificado, incluyendo a los de otras regiones del mundo (ETC Group, 2005).

Según un informe publicado por Lux Research, la inversión total en el sector de nanotecnología en todo el mundo superó los 8600 millones de dólares en 2004. De estas inversiones, el sector público aportó \$ 4600 millones. Esos fondos públicos destinados a la nanotecnología se repartieron de la siguiente forma: Estados Unidos \$ 1600 millones (35%), Asia \$ 1600 millones (35%), Europa \$ 1300 millones (28%), el resto del mundo \$ 133 millones (2%). El sector privado gastó unos \$ 3800 millones en I+D en nanotecnología durante el mismo año. Dicho gasto se repartió así: empresas norteamericanas \$ 1700 millones (46%), empresas asiáticas \$ 1400 millones (36%), empresas europeas \$ 650 millones (17%), empresas de otras regiones \$ 40 millones (menos del 1%). A pesar de haber habido una reducción en inversiones de capital riesgo en el sector de la nanotecnología, un total de 1500 empresas han anunciado su intención de implementar estrategias vinculadas a la nanotecnología (Euroresidentes, 2004).

Por otra parte, el hecho de que instituciones como la NASA o la *National Science Foundation* (NSF) de los EUA consideren a la nanociencia y la nanotecnología como primera prioridad dentro de su cartera de proyectos, es por sí sólo el mayor respaldo del que se pueda disponer. Al examinar otras fuentes que certifiquen la importancia de esa materia en el mundo actual, se encuentran datos como el que presenta la compañía Deloitte, especializada en proyecciones, cuando establece en un informe que la nanotecnología será la base de toda la industria de manufactura en las próximas décadas (Universidad de Alicante, 2006).

Las periferias, incluyendo a la región de América Latina, no cuentan con capacidades tecnocientíficas para competir en igualdad de condiciones con los países centrales y menos aún en nanociencia y nanotecnología. Los indicadores son indiscutibles, mostrando un diferencial contextual claro. Alinearse en el denominado tren de las tecnologías emergentes tampoco es tarea sencilla y habría que determinar con seriedad hasta donde es posible y en que áreas sería pertinente. El asunto pasa por evaluar las capacidades existentes, determinar el nivel de competitividad internacional

en el mediano plazo y decidir si se emprenden políticas concertadas para desarrollar líneas de investigación en la materia.

2. Tendencias del mercado global de los nanomateriales

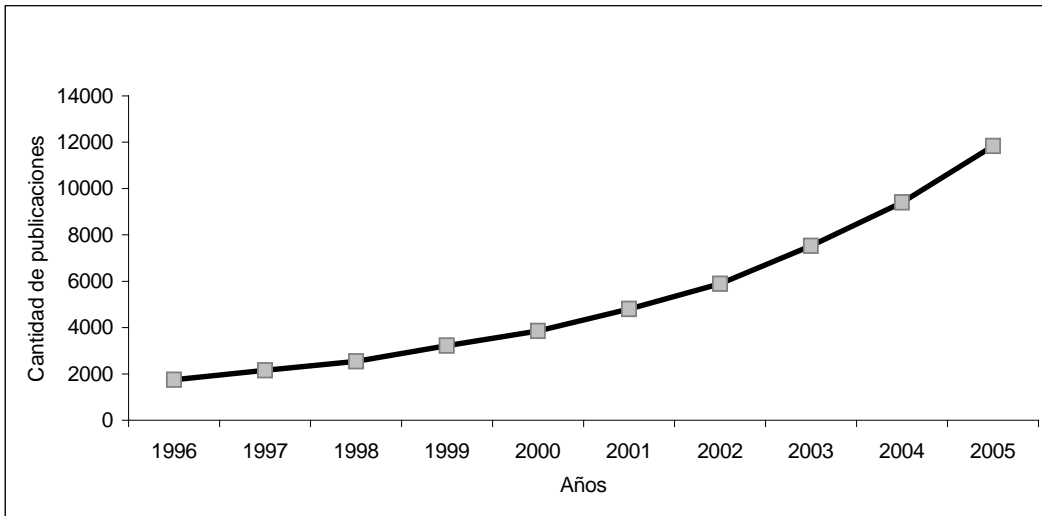
Las aplicaciones de la nanotecnología son diversas, principalmente porque es un campo interdisciplinario. El efecto que producirá en la próxima década es difícil de estimar, debido a la cantidad de aplicaciones potenciales que se presentan. A manera de ejemplo, se puede decir que con solo reducir la micro-estructura de los materiales existentes se obtienen materiales con mejores características, mejor desempeño y por lo tanto con una amplia gama de aplicaciones, lo cual representa un gran impacto en el mercado. Sin embargo, de acuerdo a la opinión de los expertos en el área, en los próximos años la mayor actividad estará centrada en investigación, más que en obtener productos acabados (Huw Arnall, 2003).

El Mercado global para los productos de nanotecnología estima un crecimiento de 20% aproximadamente en los próximos 5 años. Eso incluye las aplicaciones comerciales de los nanomateriales tales como rellenos de negro de carbón para inyección de tintas, nano-catalizadores, películas finas para convertidores catalíticos y nuevas tecnologías como tratamiento de nano-partículas, aditivos para combustibles, herramientas nano-litográficas y memoria electrónica a nivel de nano-escala. Los nanomateriales, particularmente las nano-partículas y nano-compuestos, dominaron el mercado de la nanotecnología en el 2005, contando con un 86% del total del mercado. Las nano-herramientas con 10% y los nano-equipos con el 4% restante. Por otra parte, las nano-herramientas, que incluyen herramientas nano-litográficas usadas para producir la próxima generación de semiconductores, están en condiciones de crecer más rápido que lo estimado para otros renglones. Como resultado, se espera que este segmento de mercado se incremente en 30% para el 2011. Para el 2005, el mercado de nanotecnología mas grande, desde el punto de vista de usuarios finales, fue la remediación ambiental con 33% del total, electrónicos 24%, energía 15% y aplicaciones biomédicas 5%. Se espera que los segmentos de electrónica y aplicaciones biomédicas presenten una velocidad de crecimiento mucho mayor que otras aplicaciones en los próximos años. De acuerdo con las estimaciones, el segmento de mercado de electrónicos crecerá en un 50% para el 2011 y las aplicaciones biomédicas 8%. Las aplicaciones ambientales presentarán una disminución hasta del 13%, mientras que el sector de energía caerá a 9% (McWilliam, 2006).

3. Vectores mundiales de producción en nanomateriales

Los vectores de desarrollo en materia de nanomateriales en el mundo no difieren de los otros indicadores de la actividad tecnocientífica mencionados más arriba en este trabajo. Los resultados encontrados dan cuenta de la producción mundial en materia de nanomateriales. En las siguientes figuras se muestran cifras de la producción bibliométrica y de patentes que toman en cuenta a los países con mayor número de publicaciones en el mundo y a la región de América Latina, con la finalidad de contextualizar el caso de Venezuela. El comportamiento en los tipos de documentos que se utilizaron para difundir la información en el período de 10 años examinado fue el siguiente: de un total de 63702 documentos, el 87% fueron artículos técnicos, 7% trabajos presentados en Congresos, 2% revisiones, 1% cartas y 3% otros.

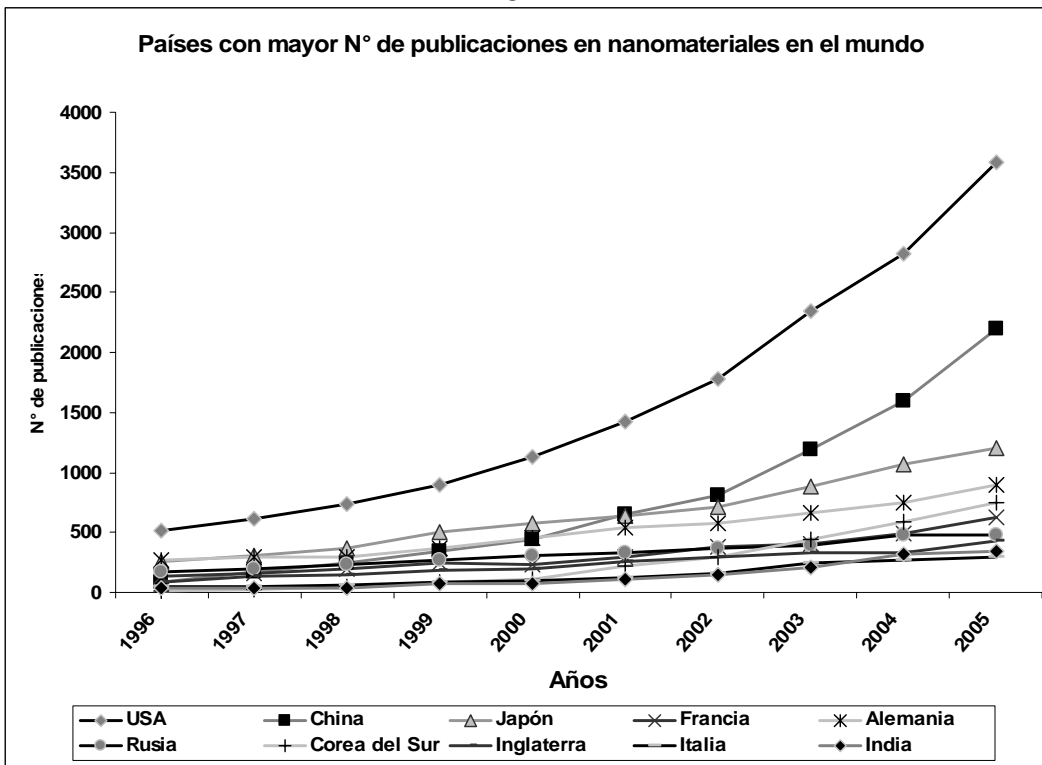
Figura 1
Publicaciones en nanomateriales en el mundo



Fuente: SCI, 2006.

En la figura 1 se aprecia la trayectoria ascendente del número de publicaciones en nanomateriales en el mundo. La curva indica la importancia del área y ratifica las tendencias que colocan a estas aplicaciones como algunas de las que tienen mayores posibilidades de llegar más rápidamente al consumidor.

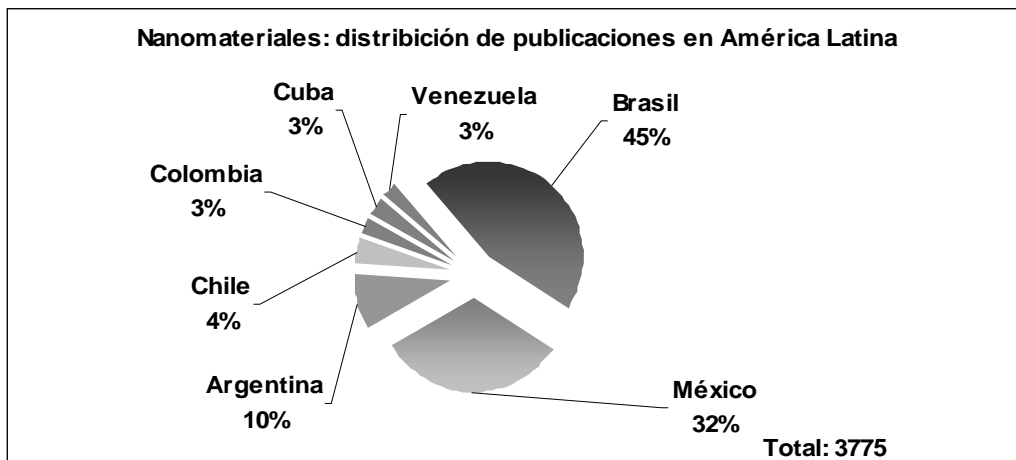
Figura 2



Fuente: SCI, 2006.

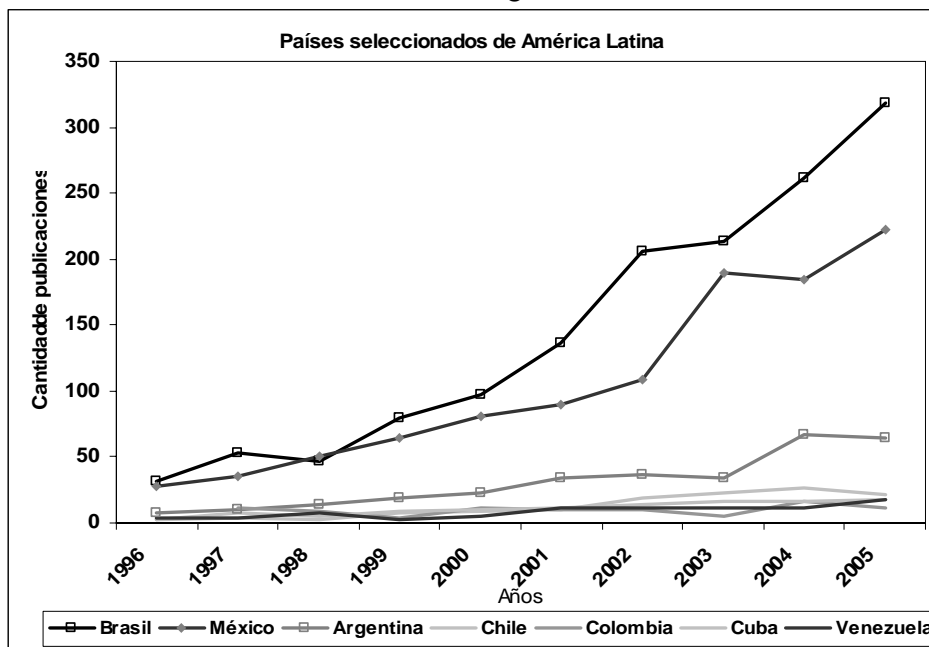
En la figura 2 se aprecian los países que generan el mayor número de publicaciones. Si se extrae del análisis a la India, que tiene grandes desigualdades en su población, a Corea del Sur considerada como la nación emergente más importante de los últimos 40 años y, a Italia, que es un país intermedio en Europa, quedan los países que cuentan con el mayor desarrollo mundial. Todos ellos pertenecen al denominado norte, con lo cual se corroboran las dos premisas ya citadas anteriormente en este trabajo: la primera, que son los países que más invierten y publican en las actividades de C+T. La segunda, que se aseguran el control hegemónico de los mercados mundiales de los próximos años, al ser los líderes en tecnologías nanoscópicas. Los datos corroboran que los EUA es el país con mayor crecimiento, seguido de China con un comportamiento más moderado y Japón y Alemania con una curva de pendiente incremental más suave.

Figura 3



Fuente: SCI, 2006.

Figura 4



Fuente: SCI, 2006.

En las figuras 3 y 4 los indicadores son claros. El primer elemento es el orden de magnitud en el número de publicaciones entre los países centrales y los de América Latina. Ese hecho ratifica el diferencial entre centros y periferias. El otro elemento es la evidencia en cuanto a que la región es un mosaico. Es decir, hay grandes distancias entre los países, incluso entre los 7 que más esfuerzo hacen en materia de nanomateriales. Los 2 primeros, Brasil y México, con aproximadamente un 77% de la producción, mantienen una trayectoria ascendente y, Argentina, con un 10%, presenta una curva de crecimiento más moderada. El resto de los países exhiben una línea incremental levemente sostenida. Sólo los 2 primeros países cuentan con ciertas capacidades en la materia. En el resto de ellos la producción es baja, por lo tanto, se podría inferir, que son equipos de investigación incipientes en cuanto al tema de los nanomateriales.

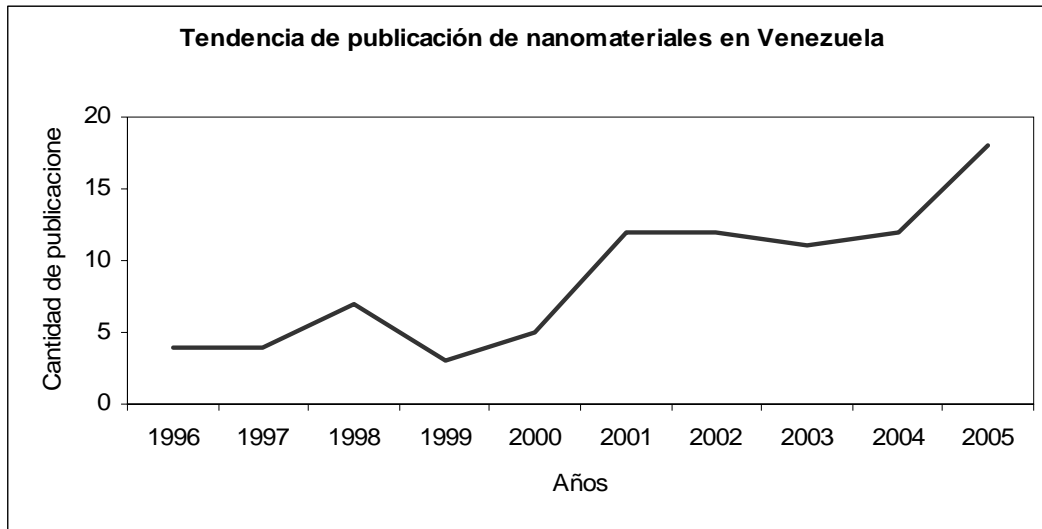
Figura 5



Fuente: SCI, 2006.

En la Figura 5 se aprecian las principales instituciones de América Latina de donde proviene el mayor número de publicaciones en nanomateriales. Las cuatro que más publican provienen de Brasil y México y concentran casi el 68% del total en el período de estudio. Los indicadores muestran que son esos 2 países los que cuentan mayores capacidades en esa materia y se podría deducir que son los que comprendieron más tempranamente el potencial proveniente de la nanotecnología y, en este caso, de los nanomateriales. Un elemento que llama la atención de la figura es la alta concentración de publicaciones en pocas instituciones, lo cual es un indicador de la existencia de pocos grupos de investigación, inclusive, en los 2 países de mayor producción.

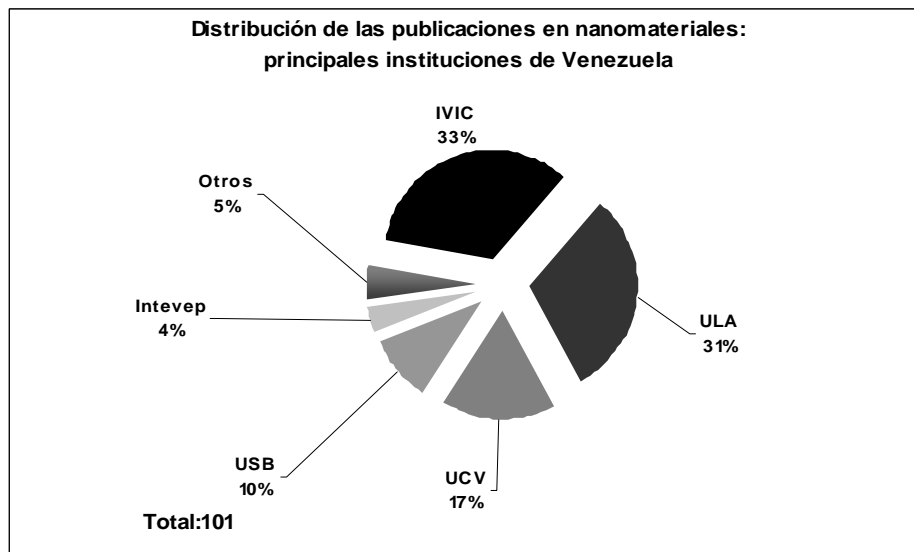
Figura 6



Fuente: SCI, 2006.

En la Figura 6 se comienza a analizar el caso de Venezuela. El primer elemento a tomar en cuenta es el escaso número de artículos publicados en el SCI en los 10 años examinados (88). Este indicador permite establecer el limitado radio de acción que tiene el país en una materia que esta en pleno auge en los países centrales. Al examinar los datos, se aprecia que la curva fluctúa en los primeros 4 años y a partir de 1999 se da un crecimiento sostenido hasta el 2001, el cual se estabiliza hasta el 2004, año en el que se reinicia el crecimiento hasta el 2005.

Figura 7

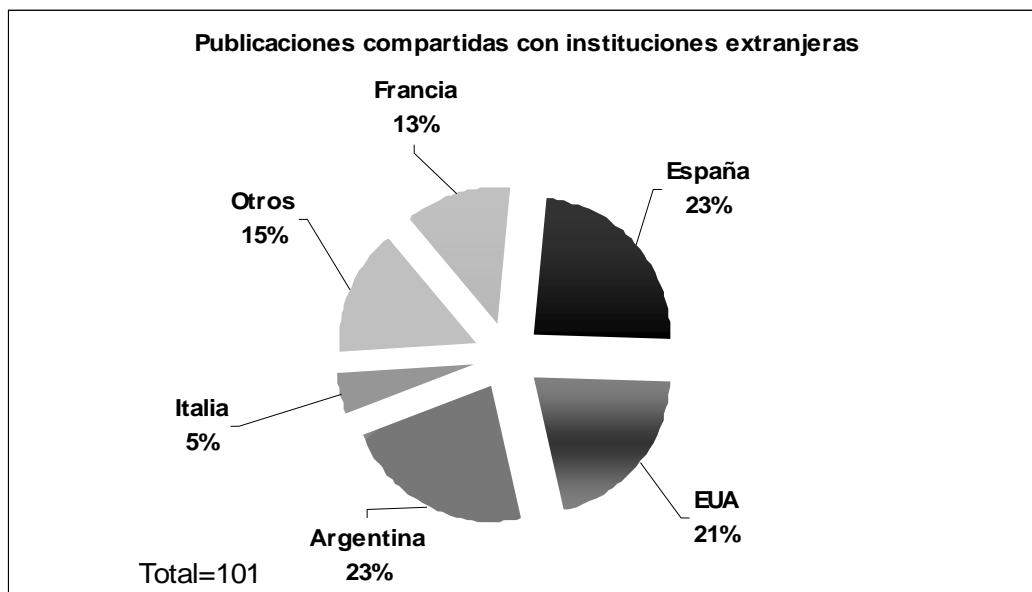


Fuente: SCI, 2006.

Nota: Universidad Central de Venezuela (UCV)
Universidad Simón Bolívar (USB)
Universidad de Los Andes (ULA)
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)
Instituto Tecnológico Venezolano de Petróleo (INTEVEP)

En la Figura 7 se aprecian las instituciones venezolanas en las que se publicó en nanomateriales durante el período examinado. En sólo 4 de ellas se concentra el 91% del total. Esos indicadores muestran el restringido espacio que tiene esa materia en el país. Si se revisan otros indicadores mas tradicionales en el mismo período de estudio, como la inversión anual en I+D, el número de becas otorgadas en el nivel de postgrado y el número de proyectos aprobados por el organismo rector en la materia, encontramos que son las mismas instituciones mencionadas las que se llevan un elevado porcentaje de estos rubros. Ese mapa habla de la capacidad nacional en cuanto a las actividades de C+T.

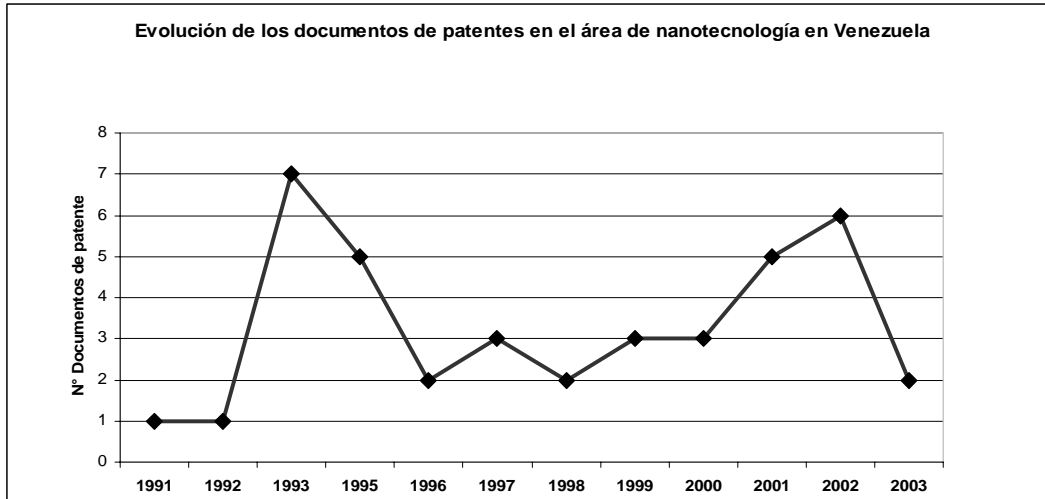
Figura 8



Fuente: SCI, 2006.

En la figura 8, se aprecia la relación con equipos de investigación de otros países en materia de nanomateriales. En el caso de la Universidad Central de Venezuela los investigadores han publicado sus trabajos en conjunto con investigadores de EUA (principalmente del Nacional Institute of Standards Technology, Brokhaven Nacional Laboratory y Northwestern University). Los equipos de investigación de la Universidad de los Andes escriben fundamentalmente sus publicaciones con investigadores de Argentina (Centro Atómico de Bariloche y la Comisión Nacional de Energía Atómica) y con Italia, publican con el International Centre Theoretical Physics (ICTP). En el caso del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) las relaciones son fundamentalmente con España (Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid, el Instituto de Microelectrónica de Madrid y la Universidad de Córdoba). El grupo de la Universidad Simón Bolívar publica sus trabajos en conjunto con investigadores de Japón (Universidad de Osaka) y Corea del Sur (Sun Moon University).

Figura 9

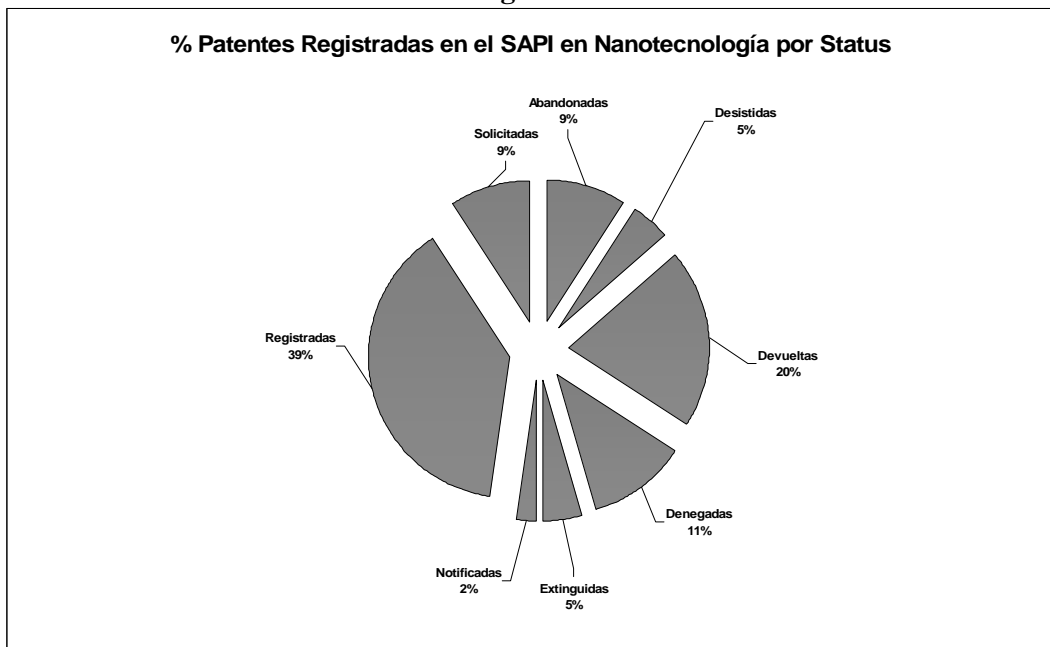


Fuente: SCI, 2006.

Los indicadores de la actividad tecnológica se recolectaron del Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual (SAPI) de Venezuela. Por el limitado tamaño de las solicitudes encontradas, se utilizó a la nanotecnología en su totalidad. Un elemento a tomar en cuenta es el procedimiento de solicitud de una patente que puede tomar incluso más de 2 años, y en ese lapso no se incluye en la base de datos. Posteriormente, pueden pasar 2 años más para ser concedida, con lo cual el proceso de análisis se realiza siempre con retardo. Los resultados obtenidos muestran un total de 44 documentos de patentes publicados por el SAPI y toma como referencia a los años setenta del siglo pasado, hasta el año 2006. Aun cuando la tendencia de protección de tecnologías en el área de nanotecnología en Venezuela muestra un aumento a lo largo de las décadas, sigue siendo extremadamente restringido.

En la figura 9 se aprecia la trayectoria de las patentes a partir de 1990. La curva es fluctuante y con un número pequeño de patentes solicitadas por año. Esos dos aspectos sugieren que existe una baja capacidad en Venezuela para patentar y corrobora lo mencionado en el análisis de las publicaciones sobre la baja productividad de I+D nacional en materia de nanotecnología.

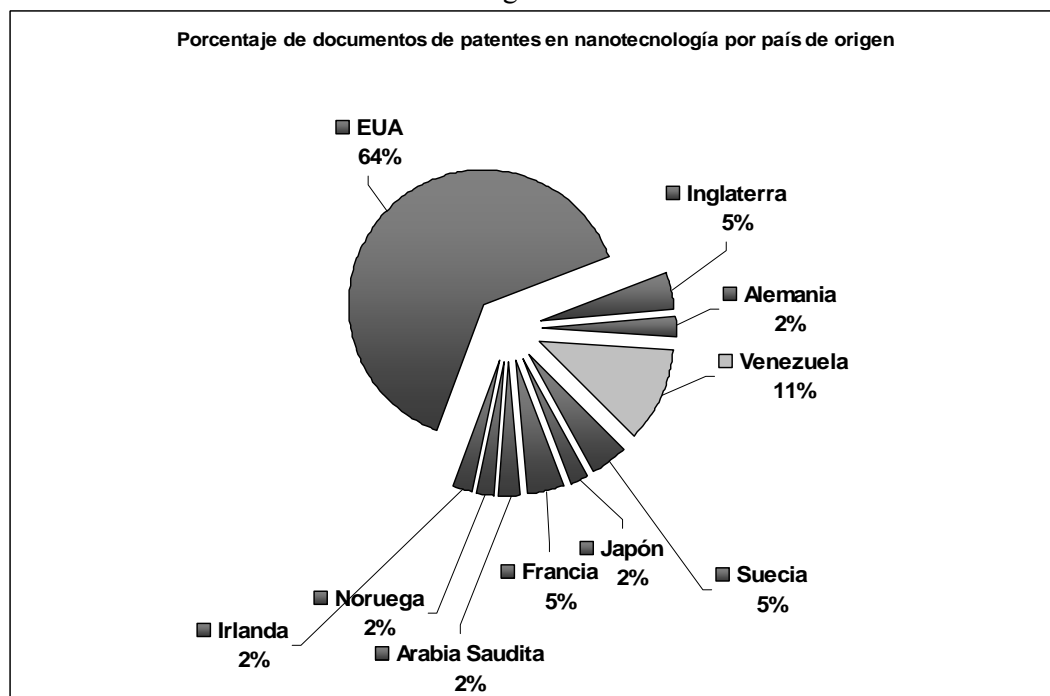
Figura 10



Fuente: SCI, 2006.

En la figura 10 se aprecia el estatus de los documentos de patentes solicitados ante el SAPI. Para el momento de la recolección de la información se habían otorgado patentes de invención en el 39% de los casos; en proceso de evaluación se encontraban el 32% de ellas; no habían continuado con el proceso de obtención de la protección el 18% y habían sido negadas otro 12%.

Figura 11



Fuente: SCI, 2006.

En la figura 11 se aprecia que el 89% de las solicitudes de patentes realizadas ante el SAPI pertenecían a instituciones extranjeras (coeficiente de invención) de las cuales el 64% provenían de los EUA y el 11% eran solicitudes realizadas por instituciones venezolanas. La mayor cantidad de solicitudes (94%) pertenecían a compañías privadas y solo el 6% a institutos de investigación y desarrollo.

Para cerrar lo referente al seguimiento de la actividad referida a la tecnologías nanoscópicas en Venezuela se realizó una revisión exhaustiva de los documentos oficiales como la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, el Presupuesto Anual Institucional y los Lineamientos Estratégicos dictados por el Ejecutivo Nacional (Ministerio del Poder Popular para la Planificación y Desarrollo) incluyendo al Ministerio de Ciencia y Tecnología, y no se evidenció información alguna que permita establecer la existencia de un conocimiento explícito de parte de los tomadores de decisiones del Estado sobre lo que significan la nanociencia y la nanotecnología. La Fundación Instituto de Ingeniería (FII), organismo adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología, está adelantando un estudio prospectivo que busca identificar prioridades de I+D en el área de los nanomateriales, con el concurso diversos actores sociales (científicos, académicos, ingenieros, empresarios, gestores públicos, entre otros) con lo cual se espera que el gobierno venezolano tome decisiones al respecto.

Conclusiones

Los indicadores encontrados en este estudio dan pie para realizar una reflexión y discusión sobre el tema de las tecnologías nanoscópicas en el mundo.

Al examinar las tendencias mundiales en nanomateriales se encontró que son los países centrales, encabezados por EUA y Japón, los que están a la vanguardia. El comportamiento mundial en términos de inversión en esa materia es similar o superior al resto de las actividades de C+T+I denominadas como más tradicionales, es decir, continua la hegemonía desde la perspectiva de concentrar el conocimiento, en este caso de punta, lo que les asegura a esos países controlar el mercado global de productos en las próximas décadas.

Es evidente la importancia que tienen los nanomateriales en el presente, pero es más relevante el impacto que van a tener en los próximos años y décadas. Se habla incluso de un nuevo nano orden económico mundial que tendría impacto en toda la cadena de la industria manufacturera.

Al examinar los indicadores mundiales sobre los nanomateriales se encontró que el 57% de las publicaciones mundiales provenía de los EUA, China y Japón, con el 30%, 15% y 12% respectivamente. Otro elemento a destacar, es que el 87% de los trabajos se publican en revistas técnicas especializadas.

Al observar los datos de una región periférica como lo es América Latina se encontró que el orden de magnitud en términos de productos en materia de nanomateriales, es netamente inferior a la de los países centrales. Brasil y México son los que realizan mayores esfuerzos de publicación en la región en el área de nanomateriales con el 45% y 32% respectivamente. Las instituciones con mayor cantidad de publicaciones en esa materia son la Universidade de São Paulo, La Universidad Nacional Autónoma de México y la Universidade Estadual de Campinas.

En el caso de Venezuela, la producción en nanomateriales representó el 3% del total de América Latina. Si bien la tendencia es creciente y sostenida a partir del año 2000, el número de artículos y patentes son extremadamente escasos. El radio de acción del país en materia de tecnologías nanoscópicas es limitado. La producción está

concentrada en las instituciones de mayor tradición de investigación del país (IVIC, ULA, UCV y USB).

El gobierno de Venezuela no contempla dentro de sus planes de desarrollo a las tecnologías nanoscópicas. En ningún documento oficial aparece el prefijo nano, con lo cual se evidencia un desconocimiento de la materia. No obstante, la FII está adelantado un estudio prospectivo para orientar la toma de decisiones.

Referencias

- CEPAL (2004). *Anuario estadístico de América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Científica (2007). Half Way to the Trillion-Dollar Market? A Critical Review of the Diffusion of Nanotechnologies. http://www.cientifica.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=68&Itemid=111 Consultado abril 24, 2007.
- Correia, A. et al., (2004). Estudio de las actividades y necesidades, en el área de las nanociencias/nanotecnologías, para: 1.- La mejora de la formación de técnicos. 2.- El establecimiento del mapa de infraestructuras para el período 2005-2010 en España. http://nanospain.org/nanospain_Informe.htm Consultado septiembre 14, 2007.
- De las Fuentes, Alberto (2007). El año de la nanotecnología. *El mundo*. <http://www.elmundo.es/ariadna/2001/73/1009386852.html> Consultado marzo 1, 2007.
- El país.com (2007). ¿Es segura la nanotecnología? http://www.elpais.com/articulo/futuro/segura/nanotecnologia/elpepusocfut/20070328elpepifut_1/Tes Consultado abril 1, 2007.
- ETC Group (2004). *NSF/Department of Commerce. Informe Conjunto*. <http://wtec.org/convergingtechnologies/report/NIBCreport.pdf> Consultado junio 8, 2007
- ETC Group (2005). *Special Report* (Communiqué 89) July/August, 2005. <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=547> Consultado junio 8, 2006.
- Euroresidentes (2004). Nanotecnología. <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm> Consultado marzo 3, 2006.
- Foladori, Guillermo & Invernizzi, Noela (2005). Nanotecnología: ¿beneficios para todos o mayor desigualdad? *Redes*, 11, 21, 55-75, Buenos Aires.
- Huw Arnall, Alexander. (2003). *Future Technologies. Today's Choices. Nanotechnology, Artificial Intelligence and Robotics; A technical, political and institutional map of emerging technologies*. A report for the Greenpeace Environmental Trust. <http://www.greenpeace.org.uk/MultimediaFiles/Live/FullReport/5886.pdf> Consultado septiembre 11, 2007.
- Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (2001). Gaceta Oficial N° 37291 de fecha 26-09-2001.
- McWilliam, A. (2006). Nanotechnology - A Realistic Market Evolution. Electronics.ca Publications. <http://www.electronic.ca/reports/nanotechnology/market.html> Consultado septiembre 10, 2007.
- Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología (2006). *Presupuesto Anual Institucional*.
- Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología (2007). *Presupuesto Anual Institucional*.

- Ministerio del Poder Popular para la Planificación y Desarrollo (2006). *Presupuesto Nacional*.
- Ministerio del Poder Popular para la Planificación y Desarrollo (2007). *Presupuesto Nacional*.
- Nanobusiness Allience (2006). *Nanotechnology: A Roadmap to Leadership*. Public Policy Tours.
- Nanovip (2006). ¿Qué es la nanotecnología? <http://www.nanovip.com/what-is-nanotechnology/Spanish.php> Consultado agosto 2, 2006
- Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2005). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Construyendo un futuro sustentable*. Venezuela 2005 - 2030, Caracas.
- Portalciencia.net (2007). Nanotecnología. Nanociencia. Portalciencia.net <http://www.portalciencia.net/nanotecno/> Consultado agosto 9, 2007.
- Roco, M. C. (2005). International Perspective on Government Nanotechnology Funding in 2005. *Journal of Nanoparticle Research*, 2005, 7(6). Report, 1-8.
- SAPI (Sistema Autónomo de Propiedad Industrial) -SAPI- (2006) Documentos de Patentes. Varios años. Venezuela.
- Science Citation Index -SCI- (2006) Science Citation Index. <http://scientific.thomson.com/products/sci/> Consultado septiembre 11, 2007.
- Universidad de Alicante (2006). NanoTecnología y Nanociencia: aspectos económicos. [iei.ua.es/nanotecnologia](http://iei.ua.es/nanotecnologia/#que_es2006). Consultado agosto 4, 2006.
- Universidad Tecnológica Nacional – Mendoza (2006). Nanotecnología. Geocities. <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/9468/nanotec2002/sld006.htm> Consultado agosto 2, 2006.