

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/316270709>

Nanociencia y Nanotecnología en Venezuela

Chapter · January 2012

CITATIONS

2

READS

7,504

3 authors:



[María Sonsiré López Cadenas](#)

Venezuelan Institute for Scientific Research

19 PUBLICATIONS 30 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Anwar Hasmy](#)

Simon Bolívar University

92 PUBLICATIONS 1,721 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Hebe Vessuri](#)

Universidad Nacional Autónoma de México

211 PUBLICATIONS 1,944 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Nanociencia y Nanotecnología en Venezuela

María Sonsiré López, Anwar Hasmy y Hebe Vessuri

Además de lo que sucede en los países y centros más avanzados, el nacimiento y emergencia de un nuevo campo de estudio en un país periférico constituye una oportunidad valiosa no sólo para el estudio y comprensión del proceso de conformación de nuevas áreas de conocimiento en este tipo de contexto secundario sino también para identificar oportunidades que permitan, a través de políticas elaboradas en base a información pertinente, potenciar el aprovechamiento de éstas para el desarrollo socio-económico.

Este capítulo constituye una contribución en el estudio sobre las trayectorias sociotécnicas del desarrollo de la investigación en nanociencia y nanotecnología en Venezuela. Su principal objetivo es dibujar un panorama general sobre el surgimiento y desarrollo actual de la nanociencia y la nanotecnología en el país, a través de la revisión de la producción científica y en patentes en el área, la infraestructura disponible para la misma y las políticas públicas formuladas en la materia.

1. La investigación en nanoescala en Venezuela

En el marco del III Plan de Ciencia y Tecnología e Innovación de Venezuela (1991-1993) se firmó el primer Programa de Crédito entre el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICIT) para financiar un Programa de Nuevas Tecnologías para el desarrollo de la investigación en cinco áreas (Biotecnología, Química Fina, Informática, Electrónica y Telecomunicaciones y Nuevos Materiales), siendo el primer esfuerzo con direccionalidad en política pública en CyT, para el desarrollo de profesionales en áreas tecnocientíficas que prometían aumentar la competitividad del país. El Programa culminó en el año 1999 generando un número relativamente importante de profesionales de alto nivel en nuevas tecnologías, laboratorios mejor equipados, proyectos de investigación y la Red Académica de Centros de Investigación y Universidades Nacionales, Reacciun (CONICIT, 1998, citado por Vessuri y Sánchez, 2007; Goncalves, 2006).

La investigación en nanoescala en Venezuela comienza a evidenciarse a inicio de los años 90 con las primeras publicaciones científicas, y ya para los primeros años de la década siguiente este tipo de actividad empezó a mostrar un rápido crecimiento en el ámbito académico. Los indicadores basados en números de artículos científicos publicados permiten cuantificar la dinámica generadora de conocimientos y suelen ser usados para medir el desempeño de las comunidades académicas. Para determinar estos indicadores típicamente son usadas técnicas de análisis bibliométrico que hacen uso de las bases de datos internacionales que registran documentos como artículos en revistas, libros, o resúmenes de congresos. Entre las bases de datos internacionales, una de las más usadas es la del Institute for Scientific Information (ISI), la cual incluye el Science Citation Index (SCI), Social Sciences Citation Index (SSCI) y Arts & Humanities Citation Index (A&HCI).

Para el análisis de las capacidades investigativas, si bien la idoneidad de las metodologías bibliométricas ha sido cuestionada, por el predominio en las bases de datos de revistas de países anglosajones (en general, los trabajos están escritos en inglés); porque tienden a dar mayor cobertura a las revistas que publican trabajos de investigación básica frente a las de investigación aplicada; por la imposibilidad de cuantificar con esta metodología otros tipos de documentos como monografías o los informes técnicos producidos en la industria; y por las dudas que existen de cómo el conocimiento publicado internacionalmente puede influir en la resolución de los problemas locales y regionales (Christiano, 2010). Estas herramientas de medición ofrecen la ventaja de permitir inferir indicadores como el número de investigadores activos en un país, que en su conjunto constituye la base para cualquier plan de desarrollo tecno-científico, ya que se entiende que la acción de estos actores es crucial para el impulso que se desee dar a los planes de formación masiva de talento humano en ciencia y la generación de nuevos conocimientos. Además, se suele asumir que independientemente del enfoque de los trabajos científicos realizados por una determinada comunidad de investigadores, las actividades de este sector pueden ser reorientadas a otras de mayor pertinencia nacional, a través de las políticas científicas que establezcan los Estados en función de sus intereses.

Para identificar los artículos científicos producidos en el área de nanociencia y nanotecnología, han sido propuestas distintas estrategias de búsquedas en las bases de datos, pues limitarse a identificar aquellos artículos que contengan el término o prefijo nano ha resultado insuficiente. Un esfuerzo realizado recientemente para refinar los términos bibliométricos de búsquedas en las bases de datos se debe a Porter et. al. (2008), quienes propusieron un algoritmo de búsqueda para identificar con mejor precisión los artículos publicados en nanociencia y nanotecnología. Para determinar el número de publicaciones en temas nano y el impacto de los trabajos producidos en Venezuela, hicimos uso de este algoritmo. También pudimos determinar qué instituciones concentran el esfuerzo en investigación en nanociencia y nanotecnología, y con qué países están colaborando nuestros investigadores.

A partir del análisis bibliométrico encontramos que en la década 1990-1999 se publicaron 144 artículos y ya para el período 2000-2009 la producción científica ha crecido hasta alcanzar los 476 artículos en el país. En este período Venezuela ocupa el séptimo lugar en América Latina y el Caribe en cuanto al número de publicaciones (detrás de Brasil, México, Argentina, Chile, Colombia y Cuba), y el cuarto en el promedio de citas por trabajo (detrás de México, Argentina y Brasil) (Ver Gráfico N° 1).

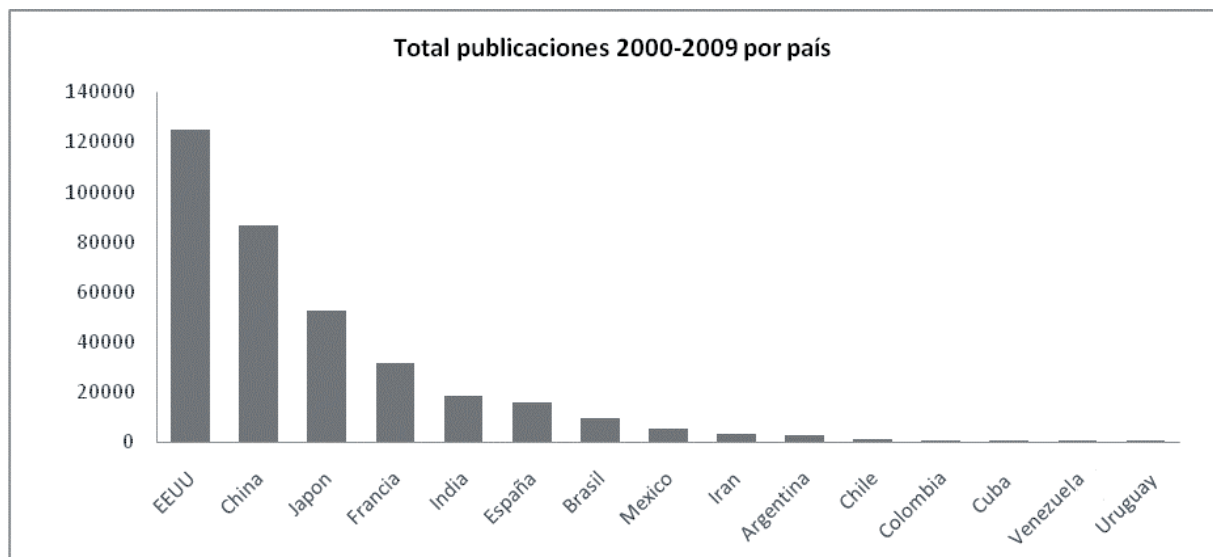


Gráfico 1. Fuente: Elaboración propia con base a los datos obtenidos en el SCI

Los 476 artículos, acumularon 3.400 citas aproximadamente, significando 7.37 citas en promedio por artículo, alcanzando un factor de impacto por articulo de 9.62 &H-

33 entre 2000 y 2009. En el período estudiado la producción científica se ha concentrado en cuatro instituciones de las más importantes en ciencia y tecnología a nivel nacional: el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) con 162 publicaciones, la Universidad Central de Venezuela (UCV) con 151 trabajos, la Universidad Simón Bolívar (USB) con 132 y la Universidad de Los Andes, 116 (Ver Gráfico N° 2).

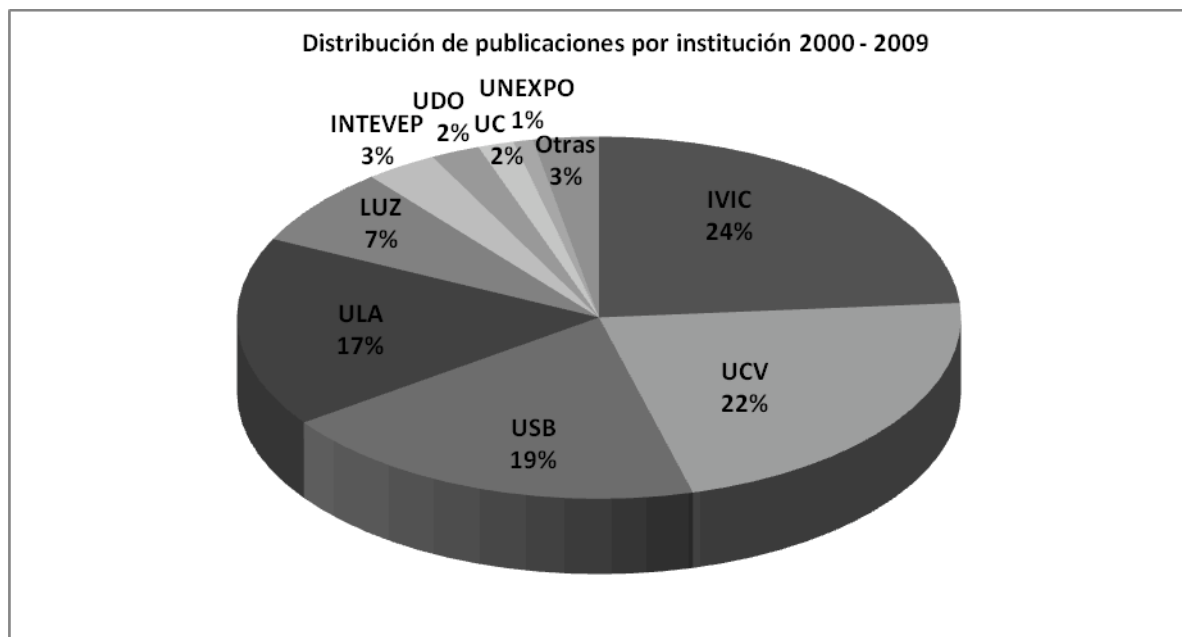


Gráfico 2. Fuente: Elaboración propia con base a los datos obtenidos en el SCI

Además de estas cuatro instituciones, encontramos actividad de investigación en nanociencia y nanotecnología en otras como la Universidad del Zulia (LUZ), Universidad de Oriente (UDO), Universidad de Carabobo (UC), Universidad Nacional Experimental Politécnica (UNEXPO), así como el Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo (INTEVEP).

En un trabajo previo (Vessuri y Sánchez, 2007) se identificó que entre 1987-2007 la producción científica venezolana en nanociencia y nanotecnología abarcaba ciencias exactas (física, química y biología general), concentrando aquí la mayor producción (47,2%); ingeniería y materiales con el 33.6% (materiales, ingeniería química, biotecnología, energía, informática, electrónica, petróleo y petroquímica, tecnología de alimentos, metalurgia, entre otros); las ciencias de la vida (bioquímica,

microbiología, ecología y zoología) ocupa el tercer lugar con el 10, 2% de la producción; mientras las ciencias de la tierra y del espacio (oceanografía, astronomía y astrofísica, hidrología, meteorología) representa el 4,2%; medicina (farmacología, ciencias clínicas, odontología) el 4,2% y agricultura (veterinaria) el 0,8% de la producción.¹

Si analizamos en detalle las publicaciones recuperadas de las cuatro instituciones más productivas es posible identificar grupos de investigación y temas de interés actuales. El IVIC, distribuye su producción principalmente en las actividades realizadas en tres de sus centros: *Centro de Ingeniería de Materiales y Nanotecnología* en temas asociados a la síntesis y caracterización de nanopartículas, materiales porosos y biocompatibles. *Por su parte*, en el Centro de Física, la investigación en nano , involucra a media docena de investigadores del Centro. La mitad de las publicaciones corresponden a trabajos en cooperación con el Instituto de Materiales de Madrid (CSIC) y el Instituto de Microelectrónica de Madrid (CSIC), y también con la Universidad Nacional de Córdoba, en el área de propiedades estructurales, electrónicas y magnéticas de materiales nanoestructurados. El laboratorio de Física Estadística y Sistemas Desordenados aparece como el más productivo, En el *Centro de Química* unos 8 investigadores de distintos grupos colaboran entre ellos en el estudio experimental y teórico de los procesos catalíticos heterogéneos y en las propiedades físico-químicas de los nanomateriales.

La segunda institución más productiva, la UCV se distribuye principalmente en cuatro dependencias. La *Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales* trabaja sobre el estudio de propiedades mecánicas de materiales para revestimientos, y la mitad de sus trabajos han sido realizados en colaboración con instituciones académicas de Francia (principalmente la Université de Lille I), y en menor proporción de EE. UU. Lidera la producción de artículos el *Centro de Ciencia*

¹ Es necesario aclarar que el estudio realizado por Vesuri y Sanchez (2007) tomó como fuentes el registro de investigadores del Programa de Promoción del Investigador (PPI) de Venezuela y las bases de datos del *Science Citation Index de la Web of Science*. El criterio de búsqueda en ambos casos fue la presencia del prefijo "nano" en los campos pertinentes ("línea de investigación" en el PPI y los campos de "título", "palabras clave" y "abstract" en el SCI).

e *Ingeniería de Nuevos Materiales y Corrosión* (CENMACOR) En el *Centro de Catálisis, Petróleo y Petroquímica* lidera la producción el grupo de Caracterización de Metales y Oxidos Metálico cuyos trabajos han sido en su mayoría realizados en colaboración con el Departamento de Química del Laboratorio Nacional de Brookhaven. También este centro colabora con instituciones de España. Por su parte el *Centro de Fisico-Química* trabaja sobre electrónica molecular, asfaltenos y técnicas espectroscópicas para la caracterización de nanomateriales en cooperación con Departamento de Ingeniería y Ciencia de Materiales, Northwestern University, EE. UU. El *Centro de Microscopia Electrónica de la Facultad de Ciencias* también realiza investigación en el área

El tercer lugar lo ocupa la USB con el *Grupo de Polímeros* el cual se concentra en la síntesis y caracterización copolímeros en bloque y materiales nanocompuestos. Muchos de sus trabajos corresponden a la colaboración internacional con el GKSS Research Center de Alemania y el Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos de la Universidad de Mons, Bélgica.

Finalmente la ULA concentra su producción en tres áreas. *El Grupo de Magnetismo* es responsable de una cuarta parte de los trabajos publicados en la ULA en investigaciones asociadas a la síntesis y caracterización de nanopartículas magnéticas. Estos trabajos en gran medida fueron realizados en colaboración con el Centro Atómico de Bariloche y el *Istituto di Struttura della Materia* del CNR en Roma. También destaca el *Grupo de Estudio de Semiconductores*. Este grupo ha trabajado en colaboración con institutos de investigación de Toulouse, Francia. Otros temas de investigación en el área de nanociencia y nanotecnología realizados en la ULA incluyen el estudio de semiconductores, materia blanda, y estudios teóricos y computaciones de las propiedades físicas y químicas de los nanomateriales.

Todos estos resultados, basados en el número de artículos registrados en las bases de datos ISI, reflejan tal vez solo rasgos de un nivel *macro* de las trayectorias sociotécnicas del desarrollo de la investigación en nanociencia y nanotecnología en Venezuela, pues es evidente que las publicaciones científicas son apenas un aspecto de la complejidad del asunto. No obstante, es importante reconocer que la

principal característica de dichas publicaciones científicas, medidas por los indicadores, es haber superado rigurosos criterios de evaluación, lo que sugiere la existencia de unas capacidades humanas de alto nivel científico; y este factor resulta determinante para cualquier desafío que involucre promover políticas públicas para el desarrollo de la nanotecnología en el país.

Por otra parte, a inicios del año 2010 se estableció formalmente la Red Venezolana de Nanotecnología (RedVnano), logrando agrupar 238 miembros, que representan a instituciones del ámbito productivo (SIDOR, CVG, PDVSA), de Educación Superior (IUT, LUZ, UBV, UC, UCV, UDO, ULA, UNESR, UNEXPO y USB) y/o de I+D (IVIC, el IDEA, la FII, el INZIT) y de algunos organismos del Estado y ya a comienzos de 2011 se espera la incorporación de otros 50 miembros. Aproximadamente 60 % de los miembros de la RedVnano trabajan en las 4 instituciones más productivas antes mencionadas. Del total de artículos publicados en nanociencia y nanotecnología en Venezuela, a menos de un año de creación, la RedVnano ha logrado agrupar a los actores responsables del 40 % de estos trabajos, los cuales han recibido 1317 citas.

La Red ha logrado identificar los temas más estudiados por sus miembros o en los que existe un interés explícito por investigar, siendo las más demandadas las áreas de Energía (producción de celdas solares basadas en nanodispositivos; sistemas de almacenamiento de hidrógeno de nanotubos de carbono y medios porosos; nanocatálisis para la bioremediación de crudo), alimentos (materiales porosos nanoestructurados para el suministro y dosificación eficiente de agua y fertilizantes de cultivos; nanobiosensores para detectar antígenos y patógenos contaminantes; cultivos genéticamente modificados), salud (nanomateriales para dirigir fármacos a órganos específicos del cuerpo; modelaje teórico y computacional para el diseño de nuevos fármacos; puntos cuánticos para el diagnóstico de enfermedades), Medio Ambiente (nanodispositivos para la separación de gases contaminantes; nanocatalizadores para mayor eficiencia y control de conversores catalíticos; zeolitas; polímeros nanoporosos; nanopartículas magnéticas y membranas para la purificación, desalinización y desintoxicación de aguas), y otras áreas como nanocircuitos para la industria electrónica de procesadores, discos duros y lectores de memoria; estructuras moleculares para asfalto y concreto robustos a la filtración

de agua; materiales nanoestructurados más resistentes y duraderos para la industria de la construcción, transporte y metal-mecánica en general; métodos estandarizados para control de calidad de bienes y servicios.

A nivel general la producción de proyectos, informes técnicos y trabajos de ascenso es incipiente en Venezuela, y las líneas de investigación obedecen a iniciativas de los investigadores, cuyas líneas de trabajo no necesariamente están vinculadas a las necesidades del país (RedVnano, 2009).

2. Colaboración internacional

De los 476 artículos publicados 384 (88% del total) son producto de trabajos en colaboración con investigadores de otros países. Como ya vimos, la cooperación internacional está liderada por EE. UU. (25 %), España (20 %), Francia (11 %), Inglaterra (6 %), Argentina (5 %), Alemania (5 %), México (4 %), Italia (3 %), Canadá (3 %), Bélgica (2 %) y otros entre los que se cuentan Brasil, Suecia, Colombia, Japón, Holanda, Chile, Cuba, Rusia, Uruguay, China, entre otros. (Ver Gráfico N° 3). Cabe destacar que la sumatoria total de estos porcentajes resulta ligeramente mayor al porcentaje total a los trabajos realizados en colaboración debido a la duplicación en los recuentos de los documentos publicados por más de dos países.

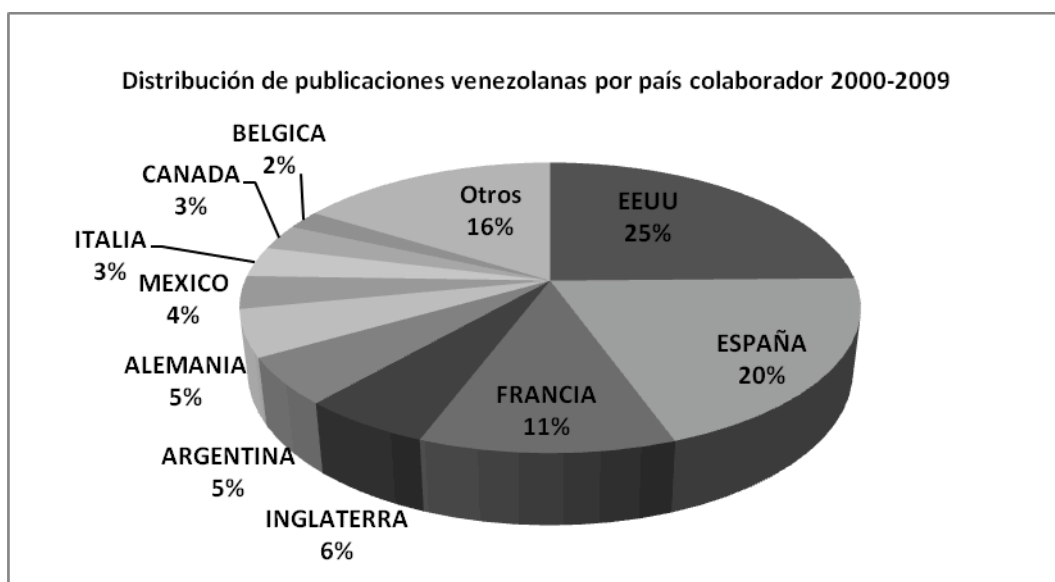


Gráfico 3. Fuente: Elaboración propia con base a los datos obtenidos en el SCI

En el área de nanotecnología, el Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Sociedad ubica a Venezuela en el grupo de países donde la dimensión internacional “intraiberoamericana” resulta un elemento significativo para publicar en las revistas de la denominada “corriente principal” de la ciencia. Este grupo está conformado además por Cuba (que tiene el 70% de sus publicaciones en colaboración iberoamericana), Uruguay (59%), Perú (40%), Colombia (39%), Chile (36%) y Venezuela (27%) (OICTS, 2008). Sin embargo vemos que la producción científica venezolana en colaboración con otros países trasciende las fronteras de Iberoamérica e incluye países norteamericanos, europeos y asiáticos.

Según la opinión de investigadores del área, Venezuela depende mayormente de la colaboración extranjera para desarrollar proyectos en nanociencia y nanotecnología, ya que en el país no se dispone de algunos instrumentos básicos para la nanomanipulación y la nanocaracterización. Esto constituye un motivo, entre otros, por el cual se sigue dependiendo de las líneas de investigación de los colaboradores fuera del país. Sin embargo los investigadores venezolanos consideran que es fundamental la cooperación internacional para garantizar el flujo de conocimientos, debido al avance acelerado que experimenta la nanociencia y la nanotecnología en el mundo actual. Por lo tanto, se hace necesario formular una política de apoyo y dotación de recursos a los pequeños grupos nacionales para que puedan negociar mejor con sus colaboradores las líneas de investigación a desarrollar (Vessuri y Sánchez, 2007).

3. Formación de Capacidades Nano

A pesar de que Venezuela cuenta con un apreciable número de profesionales altamente capacitados en las principales instituciones académicas del país desarrollando actividades de investigación en el área de la nanotecnología y nuevos materiales, llama la atención la ausencia de programas de estudio, tanto a nivel de pregrado como de posgrado, enfocados a esta área del conocimiento. Se observa una falta de adecuación de los *pensa* de estudios de las principales universidades venezolanas a los cambios que se vienen gestando en las distintas áreas de conocimiento, aunque se reconoce que la mayor parte de los nanotecnólogos nacionales se han logrado formar gracias a los programas de estudios de tercer y

cuarto nivel que existen en el país en física, química, ingeniería, entre otras disciplinas.

Ante esta deficiencia han surgido algunas iniciativas para promover esta área de conocimiento en el medio universitario, a través de la organización de una serie de eventos nacionales e internacionales dedicados a la nanociencia y nanotecnología en varios de sus aspectos. En temas de nanoelectrónica se realizaron, por ejemplo, cuatro escuelas entre los años 1998 y 2003, y otros eventos también fueron realizados en el área de catálisis heterogénea, donde la participación de invitados internacionales fue frecuente. Desde una perspectiva temática más amplia, destacan las llamadas Escuelas de Nanociencia y Nanotecnología organizadas por Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes (ULA), cuya primera edición se realizó a finales de 2005 y fue organizada por un Comité interinstitucional en el que participaron la ULA, el IVIC e INTEVEP y contó con la participación de algunos invitados internacionales e investigadores de las instituciones organizadoras. En 2007 el Postgrado de Física de la Materia Condensada y el Centro de Estudios de Semiconductores, ambos del Departamento de Física en la ULA organizaron la segunda versión de esta escuela, como una estrategia para motivar a los estudiantes de pregrado y postgrado del Departamento de Física para formarse en el área de conocimiento y crear capacidades venezolanas en nanociencia. Al igual que la anterior, contó con la participación de algunos expertos internacionales (USA, México y Francia).

También en 2006 se celebró en Venezuela la conferencia internacional en Nanociencia (ICON2006), que contó con la participación de un nutrido número de investigadores y estudiantes de distintas instituciones académicas del mundo. Participaron en la organización del evento por Norteamérica, el National Institute of Standards and Technology (NIST); por España, la Universidad Autónoma de Madrid y Phantoms Foundation y, por Venezuela, el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela (Facultad de Ciencias).

Además del Programa BID-CONICIT de Nuevas Tecnologías al que ya hemos hecho referencia se han establecido otros programas y convenios para la formación de

investigadores; uno de ellos es el Programa de Cooperación de Postgrado (PCP) FONACIT-Francia. En el marco de este programa se han financiado proyectos en áreas como óptica no lineal, nanopartículas empleadas como catalizadores, revestimientos nanoestructurados, nanoemulsiones, medios porosos nanoestructurados, nanocosméticas, nanotubos de carbono, nanoelectrónica, entre otros (FONACIT, 2004, citado por Vessuri y Sanchez, 2007).

En el año 2007 el Departamento de Estudios de la Ciencia del IVIC organiza la primera reunión enfocada a la evaluación de elementos para una política de nanotecnología en Venezuela. En ese mismo año, los gobiernos de Cuba y Venezuela suscribieron el convenio de cooperación *Alternativa Bolivariana para los Pueblos de Nuestra América* el cual incluyó un proyecto que contemplaba la formación de Recursos Humanos en Nanociencia y Nanotecnología, e involucró al InSTEC de Cuba, el IVIC y la UCV por Venezuela. El proyecto permitió la realización en el año 2009 de una escuela de varias semanas sobre técnicas de síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados.

En el año 2009 se llevó a cabo la Escuela Franco-Venezolana de Nanotecnología, patrocinada por el FONACIT, el Programa de Cooperación de Postgrados (PCP), la Embajada de Francia en Venezuela, la Fundación IDEA, la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales y la Universidad Central de Venezuela. Participaron como profesores invitados y estudiantes representantes de diferentes instituciones académicas nacionales y por Francia, participaron unos 20 profesores invitados de una diversidad de instituciones: CEA-LETI, Université de Limoges, CNRS, Université Montpellier II, Université Paul Sabatier, Université Bordeaux I, Université Paris-Sud, entre otras. Se contó además con representantes de España, de la Universidad de Sevilla y del CSIC. La Escuela versó sobre técnicas de caracterización en la nanoescala, técnicas de diseño, modelaje y nanomanufactura, nanomateriales y nanodispositivos, aplicaciones nanotecnológicas de interés social (salud, energía, medio ambiente, etc.) y riesgos e implicaciones sociales de la nanotecnología. Este evento, co-organizado por la RedVnano en su fase embrionaria, correspondió el primero de una serie de jornadas y cursos, que esta red organizó en el 2010 (incluyen varios simposios sobre

nanomedicina, materiales nanoestructurados y nanotecnología en general) y que actualmente se encuentra programando para el futuro cercano.

Más recientemente en 2010 la Facultad de Ingeniería de la UCV organiza las Jornadas de Investigación y Encuentro Académico Industrial (JIFI 2010) abordando seis grandes áreas temáticas (Ambiente, Ciencias de la Tierra, Infraestructura y Servicios; Energía y Procesos Productivos; Materiales y Nanotecnología; Bioingeniería; Sistemas de información, Redes de telecomunicaciones y Control; y Aprendizaje en Ingeniería). Este encuentro sirvió de plataforma para avanzar en la propuesta de la RedVnano de crear un Programa Interinstitucional de Postgrado en Nanotecnología, la cual tiene como objetivo, alcanzar un nivel óptimo y competitivo de manera internacional, agrupando universidades e instituciones de trayectoria en el desarrollo de esta área. Las instituciones contempladas son la Universidad Simón Bolívar (USB), Universidad de los Andes (ULA), Universidad Nacional Experimental Politécnica (UNEXPO), la Universidad del Zulia, instituciones con las cuales esta red ya ha firmado convenios de cooperación, y se espera la inclusión progresiva en esta iniciativa de otras instituciones como el IVIC, la Universidad Politécnica Territorial de Mérida, entre otras. Para reforzar estos objetivos de formación de nanotecnólogos, la RedVnano se encuentra promoviendo la cooperación regional e internacional. En este sentido la RedVnano ha logrado concretar el apoyo del Programa PREFALC de la Fundación Casa de las Ciencias del Hombre de Francia, para el cofinanciamiento de la movilización de docentes en nanotecnología entre varios países de la región sudamericana y Francia.

También existe un proyecto para dictar posgrados en Nanociencia y Nanotecnología en Escuela Superior en Ciencias Básicas, que actualmente se construye en terrenos del IVIC, como parte del convenio de cooperación ALBA que supone el establecimiento de la Red Alba de Intercambio de Conocimientos en Nanociencias y Nanotecnologías (RAIN).

4. Infraestructura

La RedVnano ha logrado acumular un porcentaje importante de capacidades humanas e infraestructura física para desarrollar proyectos de investigación en

nanotecnología que permitan generar soluciones a problemáticas como agua y ambiente; diseño de nuevas terapias médicas y métodos de diagnóstico; nuevos materiales para la industria electrónica, metalmecánica, refinación de crudo y procesos de estandarización de algunos bienes y servicios; contando con equipamientos que incluyen desde nanoscopios a espectrómetros y técnicas de caracterización, análisis, medición fabricación, síntesis, manipulación e integración de materiales nanoestructurados; técnicas para fabricación de nanodispositivos electrónicos para modelaje teórico y simulación computacional de fármacos y nuevos materiales; y técnicas para control, normalización y estandarización.

5. Nanotecnología y sector productivo

Uno de los retos que le plantea a Venezuela el desarrollo de la nanotecnología es orientar la I+D hacia la producción de bienes y servicios. Esto implica fortalecer las capacidades en el área de la ingeniería para el desarrollo de productos y procesos y para impulsar el proceso de industrialización. Según un estudio realizado por el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OICTS, 2008) Venezuela ocupa el décimo lugar en Iberoamérica en instrumentos para la protección de la propiedad intelectual. El país cuenta con poca tradición en la materia como lo evidencia el bajo número de patentes nacionales registradas, situación a la que no escapa la nanotecnología.

Según un estudio realizado por De la Vega, et. al. (2007), en el que se revisaron registros del Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual (SAPI) de Venezuela desde la década de 1970 hasta el año 2006, las patentes en nanotecnología aparecen en el año 1991 y ya para 2006 se registran 44 patentes otorgadas. El estudio también muestra que el 89% de las solicitudes de patentes realizadas ante el SAPI pertenecen a instituciones extranjeras, la mayoría de ellas de los EUA (64%) y en menor cantidad de Francia (5%), Inglaterra (5%), Suecia (5%), Alemania, Irlanda, Noruega, Arabia Saudita y Japon (2% cada uno), mientras el 11% fueron 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 (Ver Gráfico N° 4)

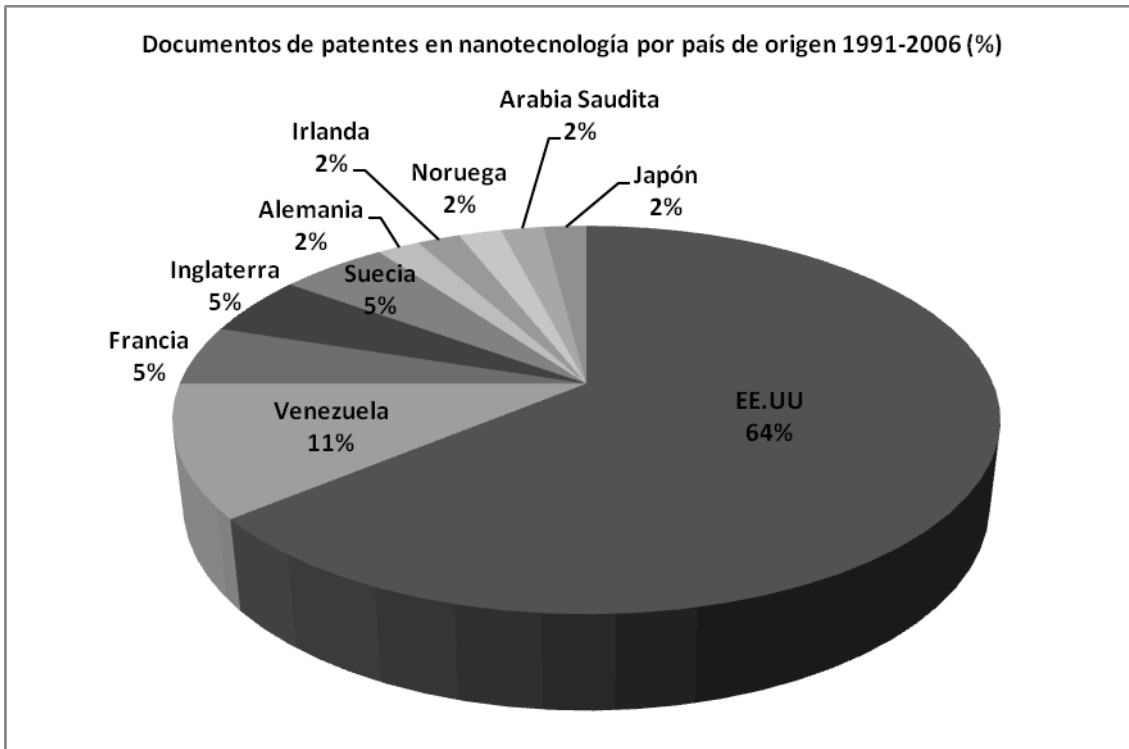


Gráfico 4. Fuente: SAPI, citado por De la Vega et. al, 2007.

En otro trabajo (Vessuri y Sanchez, 2007) que contempla hasta el año 2003, se plantea que la mayoría de las solicitudes provienen de empresas transnacionales y que a excepción de las actividades desplegadas por la industria petrolera nacional (Petróleos de Venezuela, PDVSA), ninguna de las instituciones de investigación del país ha hecho mayores esfuerzos por promover el desarrollo de patentes como parte de las actividades de investigación. El costo de los procesos internacionales de patentamiento puede ser una restricción de la apropiación adecuada de los beneficios de los resultados de la investigación. Las autoras también encontraron que las aplicaciones de estas patentes se orientan de manera particular al desarrollo de nuevos materiales, así como al área de petróleo y farmacéutica (Ver Gráfico N° 5)

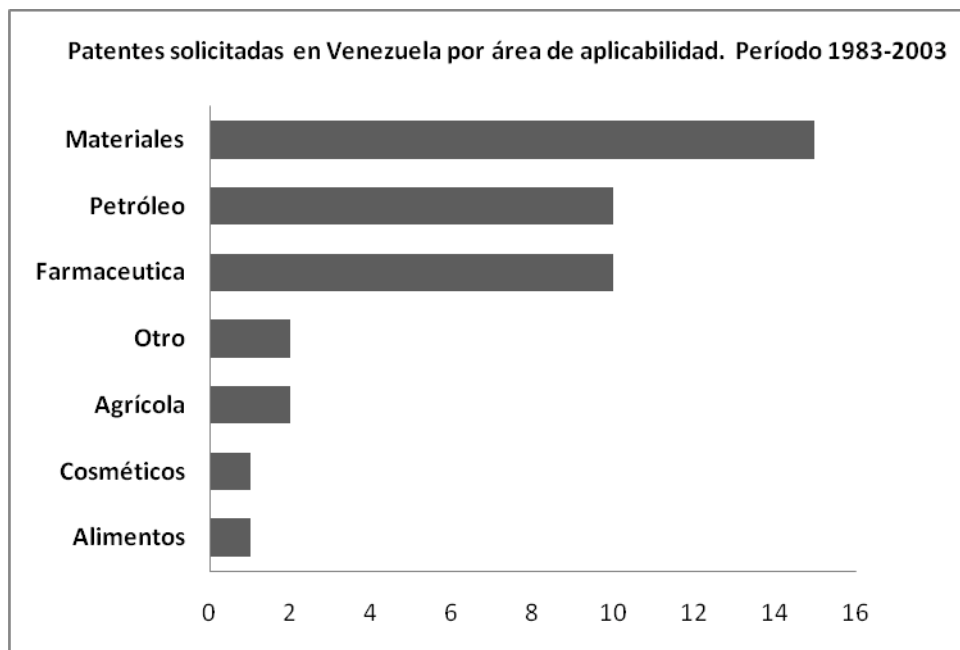


Gráfico 5. Fuente: Servicio Autónomo de Propiedad Intelectual – SAPI (2006). (Goncalves, 2006)

En el caso específico de la industria petrolera, su filial tecnológica INTEVEP ha reportado estar trabajando mayormente en nanotecnología orientada al uso de nanoaditivos en el área de producción, particularmente en cementación y control de arena de pozos petroleros. La intención es licenciar la tecnología de producción de nanoaditivos a empresas o cooperativas nacionales, ocupándose INTEVEP de la síntesis y aplicación de los mismos (PDVSA, 2009). En el sector farmacéutico, algunos laboratorios farmacéuticos en Venezuela ya se han embarcado en iniciativas de formación de su personal en el área para el desarrollo de la nanomedicina, No hemos logrado identificar si los investigadores activos en el tema en Venezuela establecen relaciones con industrias extranjeras, en ausencia de demanda explícita de las industrias en el país, ni tampoco ha sido posible identificar si el sector productivo está informado (o consciente) de las tecnologías convergentes, y hace algo sobre ellas. A partir de la actividad de patentes se puede inferir como hipótesis que no hay mucha información al respecto.

6. Nanotecnología en las políticas públicas venezolanas

Sobre las nuevas tecnologías, en las conclusiones diagnósticas del Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (2005-2030) (PNCTI) se admiten limitaciones en la

capacidad tecnológica de las empresas venezolanas, por lo cual, este documento sostiene que “Esencial resultan los procesos de incorporación de tecnologías de punta como, en primer lugar, las TIC y el uso masivo de Internet, aparte de otras de singular complejidad, como la nanotecnología, biotecnología, etc. (...) [por lo cual] con el apoyo del Estado (...) deben establecerse espacios de acción nacional e internacional que coadyuven tal desarrollo”. Si bien esta visión adoptada por el PNCTI manifiesta interés explícito en los conocimientos transdisciplinarios o convergentes como la nanotecnología, en la agenda de prioridades sólo se hace énfasis a la biotecnología y las tecnologías de información, pero se reconoce en el texto que en la preparación del PNCTI surgieron problemas asociados a los modelos de planificación participativa, los cuales dificultaron concretar con mayor precisión las líneas de investigación de interés nacional. Atendiendo estas fallas, en el año 2008 el Ministerio de CyT inició un estudio prospectivo en tecnologías convergentes (nanotecnología-biotecnología-tenologías de la información y materiales), y ese mismo año, la Fundación Instituto de Ingeniería (organismo adscrito a este ministerio) publicó un estudio prospectivo en el área de nanomateriales (FII, 2008).

En sintonía con esto, ya en el año 2009 la comisión preparatoria de la RedVnano presentó al Ministerio del poder popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias, una propuesta para implementar a corto plazo (10 años) un Plan Nacional de Nanotecnología, que además de planes de formación masiva de recursos humanos, abarque la planificación del desarrollo integral de la nanotecnología en el país. Este Plan parte de la idea de que la nanotecnología como tecnología emergente y convergente constituye una oportunidad para los países en desarrollo para superar la brecha tecnológica y que el año 2020 es el año en que se prevé la nanotecnología abarque importantes espacios en los mercados internacionales. El Plan estaría sustentado en una alianza Red-Gobierno, con objetivos comunes que busquen fortalecer el desarrollo endógeno y social, en concordancia con las líneas estratégicas que se establezcan en los planes de desarrollo socio-económico. El objetivo es que el Plan promueva programas e instrumentos de financiamiento para la formación masiva de talento hacia proyectos que generen actividades de I+D+i en temas de interés nacional, como los mostrados en la siguiente tabla, donde se correlaciona algunos lineamientos del Plan Nacional

de Desarrollo Económico y Social (2007-2013), el Proyecto Nacional Simón Bolívar (PNSB) con algunos ejemplos de aplicaciones nanotecnológicas.

Correlación entre aplicaciones nanotecnológicas y los lineamientos del PNSB

Sector	Lineamiento PNSB	Ejemplos
Salud	Fortalecer la prevención y el control de las enfermedades (p.11).	Accesibles nanodispositivos para diagnósticos médicos de uso personalizado. Medicina regenerativa y terapias médicas menos agresivas al cuerpo humano.
Alimento	Consolidar la seguridad alimentaria (p.24)	Cultivos autosustentables usando dosificadores de agua y fertilizantes soportados en materiales porosos nanoestructurados.
Agua	Recuperar los cuerpos de agua degradado (p. 35).	Nanofiltros para el saneamiento y desalinización de las fuentes de agua.
Energía	Propiciar el uso de fuentes de energía alternas, renovables y ambientalmente sostenibles (p. 42). Privilegiar la inversión en I+D tecnológico en materia de hidrocarburos y energía eléctrica (p. 43).	Nanoceldas de combustible y solares. Potentes baterías. Óptimos procesos de refinación de petróleo basados en nanocatalizadores.
Medio Ambiente	Incidir en el cambio del patrón productivo hacia tecnologías verdes(p.37) Asegurar que la producción y el consumo de energía contribuyan a la preservación del ambiente (p.41).	Industria verde basada en procesos de nanomanufactura. Nanosecuestadores de gases contaminantes.
Vivienda	Incorporar tecnologías de construcción compatibles con el ambiente (p. 36).	Nuevos materiales para la industria de la construcción con excelentes propiedades térmicas y sonoras, y autolimpiables.
Informática/ Tele-comunicación	Garantizar la distribución generalizada de tecnología de la información y la comunicación en todo el territorio nacional (p.28)	Potentes antenas satelitales, celulares multifuncionales, procesadores, discos duros, lectores de memoria, monitores alta resolución, basados en nanodispositivos.
Transporte	Incrementar el uso de sistemas de transporte eficientes en energía y tiempo (p.37)	Materiales más ligeros, resistentes y duraderos para la industria del transporte.
Textil	Fortalecer los sectores nacionales de manufactura y otros servicios (p. 25).	Telas adaptables a diferentes condiciones climáticas y que no retienen sucio.

Tabla 1. Fuente: RedVnano, 2009

Estos instrumentos estarían constituidos por programas de becas, financiamiento de I+D+i, de infraestructura física y capitales semillas que motiven al personal nacional calificado, a la incubación de empresas de base tecnológica. Asimismo, la propuesta también contempla un programa de estudios sociales orientado a analizar la implicaciones sociales de la nanotecnología en la sociedad venezolana, y a promover mecanismos para la gobernabilidad, la gestión de riesgos, y para la

divulgación y apropiación de las nuevas tecnologías, a través de documentales y actividades de la divulgación en el sistema básico de enseñanza y a la sociedad en general. Algunas actividades avanzadas por la red en este sentido son varias mesas de trabajos, reuniones y eventos con el sector petrolero, metalúrgico y de agroalimentario, en vista del creciente interés de estos sectores por las aplicaciones potenciales de la nanotecnología en los procesos de innovación. Además se han establecido contactos y reuniones con representantes del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel y Sencamer, organismos públicos encargados de la regulación y control de diversos bienes y servicios.

Para impulsar un plan de nanotecnología en Venezuela, la propuesta de la RedVnano hace hincapié en el uso de la infraestructura nanotecnológica nacional, cohesionada en torno a la Red Venezolana de Nanotecnología, para iniciar las actividades que se programen. Estas actividades podría estar financiada a través de recursos públicos y de aportes que se obtengan a través de la Ley Organica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI) vigente. El objeto de estos programas es promover las actividades de investigación y/o desarrollo y/o innovación; con mecanismos que posibiliten la incubación de empresas de base nanotecnológica, como estrategia clave para acelerar el desarrollo tecnológico nacional. (RedVnano, 2009).

7. Comentarios Finales

Luego de revisar la información disponible sobre las capacidades científico-técnicas en nanociencia y nanotecnología en Venezuela podemos decir que el país tiene una base de investigadores pequeña cuya producción de proyectos, informes técnicos y trabajos de ascenso es incipiente y dispersa, y las líneas de investigación obedecen a iniciativas de los investigadores, cuyas líneas de trabajo no necesariamente están vinculadas a las necesidades del país, en parte porque dependen de la colaboración internacional para acceder a la infraestructura necesaria ya que el país cuenta con una base mínima. Sin embargo, la consolidación del programa interinstitucional de postgrado permitirá incrementar de manera sustancial la formación de personal calificado. Venezuela ocupa el décimo lugar en Iberoamérica en instrumentos para la protección de la propiedad intelectual y los nanotecnólogos nacionales no están

amparados por políticas públicas e instrumentos como los que existe en Brasil, México o Argentina, ni siquiera orientados a los temas de interés nacional. No existe un régimen de protección intelectual específico para la nanotecnología en el país, desventaja que impide establecer las necesarias regulaciones para un sano aprovechamiento de estas tecnologías; ni programas e instrumentos de incentivos a actividades industriales de las innovaciones derivadas de la nanotecnología, situación que impacta negativamente en los planes de escalamiento. No existen políticas de apropiación de estos conocimientos que ayude a sensibilizar a nuestra sociedad sobre las oportunidades y desafíos para un adecuado aprovechamiento de la nanotecnología.

Referencias Citadas

- De la Vega, I., Suárez, M., Blanco, F., Troconis, A. & Aponte, G. (2007) *Las tecnologías nanoscópicas en los centros y las periferias. El caso de los nanomateriales en Venezuela*. Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (ReLANS). <http://estudiosdeldesarrollo.net/relans/documentos/VENEZUELA.pdf>. Consultado el 10-10-2010
- Goncalves, E. (2006) "Estudio exploratorio acerca de los recursos existentes en las tecnologías convergentes en Venezuela. Caso: Nanotecnologías." Trabajo de grado para optar al Magíster Scientiarum. IVIC. Caracas.
- Nordmann, A. (rapp.) (2004) *Converging technologies – Shaping the Future of European Societies* Report. European Commission Research HLEG Foresighting the New Technology Wave. <http://cordis.europa.eu/foresight/reports.htm>. Consultado el 20-10-2010.
- OCCT (2002) Observatorio Cubano de Ciencia y Tecnología. *Elementos iniciales para el análisis sobre la nanotecnología en Cuba*. Proyecto Nanotecnología, primera etapa. <http://www.occyt.cu/varios/informenano.pdf>. Consultado el 20-10-2010.
- OICTS (2008) Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Sociedad. *La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencia* <http://www.oei.es/salactsi/nano.pdf>. Consultado el 20-10-2010
- PDVSA (2009, 14 de mayo) Intevep avanza en estudios para la aplicación de nanotecnología en pozos. http://www.pdvsa.com/index.php?tpl=interface.sp/design/readsearch.tpl.html&newsid_obj_id=7557&newsid_temas=0. Consultado el 04-02-2001.
- Porter, A., Youtie, J., Shapira, F., Schoeneck, D. (2008) Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticles Research*, Vol. 10, N° 5, 715-728, DOI: 10.1007/s11051-007-9266-y
- Roco, M. (2004) Environmentally Responsible Development of Nanotechnology. En Karn / Zhang (eds) *Special Issue of Environmental Science and Technology*. American Chemical Society. <http://pubs.acs.org/cgi->

bin/sample.cgi/esthaq-a/2005/39/i05/pdf/030105featureroco.pdf. Consultado el 20-10-2010

- Royal Society & Royal Academy of Engineering (2004) *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. The Royal Society, Londres.
<http://www.nanotec.org.uk/report/Nano%20report%202004%20fin.pdf>. Consultado el 20-10-2010.
- Salamanca-Buentello, F., Persad, D. L. et al. (2005) "Nanotechnology and the developing world" *PLoS Medicine* 2 (5), e97
http://medicine.plosjournals.org/archive/15491676/2/5/pdf/10.1371_journal.pmed.0020097-S.pdf
- Silbergliitt, R., Antón, P. S., Howell, D. R., Wong, A. et al. (2005) *The Global Technology Revolution 2020, In-depth analyses: Bio/Nano/Materials/Information trends, drivers, barriers, and social implications* Rand Corporation Technical Report Series
http://www.rand.org/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR303.pdf
- Vesuri, H., Sanchez, I. (2007) "Tecnologías Convergentes: ¿Qué está siendo hecho y que debería ser hecho sobre ellas en los Países Andinos?" Estudio Nacional Venezuela. En RoKS / IDRC 2003 – 2004 (2007) *Comprendiendo las Dimensiones Sociales y de Política Pública de Tecnologías Transformativas en el Sur. Proyecto: Tecnologías Convergentes: ¿Qué está siendo hecho y qué debería hacerse sobre ellas en los Países Andinos? Informe Final de Investigación*. La Paz, Bolivia.
<http://www.redvnano.org/documentos/proyecto.pdf>. Consultado el 5-10-2010
- Christiano, P.L. y Affonso Christiano, M. E. (2010). "Política Científica: indicadores de qualidade e o interesse social", Actas de las VIII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología (ESOCITE), Buenos Aires, 2010.
- FII (2008), Fundación Instituto de Ingeniería, MCTII *Estudio prospectivo de nanomateriales en Venezuela*, Caracas, Venezuela.