



## Determinación de tendencias tecnológicas y oportunidades de negocio en el área de nanotecnología

### Determination of Technological Trends and Business Opportunities in the Area of Nanotechnology

*Belkys Amador Cáceres\* y Alvaro Alfonzo\*\**

#### Resumen

Se determinaron las tendencias tecnológicas y oportunidades de negocio en el área de nanotecnología para la identificación de un portafolio de oportunidades. El método usado fue el documental -bibliométrico y su diseño no experimental- transeccional. La población muestral estuvo conformada por 220 trabajos patentados por la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de EE.UU. en el área de nanotecnología, desde el año 1976 hasta el 2002. Del análisis se obtuvo que las oportunidades en esta área básicamente se orientan a los campos de electrónica/computación, materiales y medicina; en función de la evolución en los últimos años se proyecta un crecimiento vertiginoso de la nanotecnología. Se detectaron 21 nichos de oportunidades, a través de los cuales se visualizaron 32 oportunidades de negocio generales y 13 para la industria petrolera.

**Palabras clave:** Nanotecnología, tendencias tecnológicas, oportunidades de negocio, madurez tecnológica, posicionamiento tecnológico.

Recibido: Septiembre 2003 • Aceptado: Julio 2005

\* Magíster en Gerencia de Proyectos Industriales egresada de la URBE. Ingeniero Mecánico egresada de la UNET. Correo electrónico: amador0208@yahoo.es

\*\* Profesor Titular de la Cátedra de Postgrado "Gestión Tecnológica" en la Universidad Rafael Beloso Chacín. Ing. Mecánico graduado en The University of Tulsa con una Maestría en Gerencia de la Tecnología del MIT.  
Correo electrónico: alfonzos@cantv.net

## **Abstract**

In this research, new technology trends and business opportunities in the area of nanotechnology were determined, also a portfolio of projects was proposed. The methodology used was non experimental, documentary and biblio-metric. The population of documents gathered was 220 nanotechnology patents obtained from the United States Patent Office between 1976 and December 2002. From the analysis of the data, the information was segmented in areas with high statistical frequency, such as electronics, computer science, materials and medicine. Experts forecast an important growth in these segments of nanotechnology. From a total of 21 market niches, 32 general business opportunities were defined, and 13 of them could be applied in the Venezuelan Oil Industry.

**Key words:** Nanotechnology, technological trends, business opportunities, technological maturity, technological position.

## **Introducción**

En el cambio del siglo XIX al siglo XX (Neumann y Blachere, 2000), las personas afrontaron problemas tratando de comprender como los automóviles y aviones funcionaban, y las computadoras y bombas nucleares solo existían en teoría; en el siglo XXI, paradójicamente, ya es posible la manipulación de la materia a nivel atómico y molecular, los científicos afirman que en este siglo podrán hacerse realidad todos los sueños de ciencia ficción, gracias a la **nanotecnología**, ciencia cuyo objetivo consiste en manipular hábilmente y de manera individual átomos y moléculas para crear estructuras con mejor organización molecular y de esta manera influir en las propiedades de los materiales y/o construir dispositivos y máquinas a escalas nanométricas.

La nanotecnología (Fernández, 2001) se ha convertido en el objetivo de científicos de todo el mundo y los países tecnológicamente mas avanzados apuestan fuerte, con inversiones multimillonarias, por el desarrollo de este imparable proceso de revolución tecnológica que cambiará la vida del hombre y la industria, de forma comparable a la transformación radical que supuso la microelectrónica en su momento, o, revisando más atrás en el tiempo, como lo fue el descubrimiento de la electricidad o el paso por la edad de los metales.

La industria a nivel mundial enfrenta un gran desafío, la innovación es una constante y trae consigo cambios tecnológicos profundos, capaces de transformar todos los procesos; de la capacidad y flexibilidad para adaptarse a estos cambios depende el éxito futuro de las industrias.

La nanotecnología surge como una alternativa de alcances inimaginables, es inminente que las industrias deban girar alrededor de esta nueva tecnología para apalancar la materialización de nuevas oportunidades de negocio y generar sólidas ventajas competitivas.

## **1. Planteamiento del Problema**

La transición tecnológica y gerencial mundial supone un gran salto de productividad y calidad. El desarrollo de un conjunto de poderosas tecnologías genéricas, de aplicabilidad universal, es capaz de transformar todas las industrias y todos los productos y modificar profundamente el modo de vida y las pautas para la competencia en los mercados. Las industrias deberán apalancar en estas tecnologías la materialización de nuevas oportunidades de negocio y la generación de sólidas ventajas competitivas.

Otro desafío de significativa trascendencia que demanda respuestas inmediatas, es la vida y salud del hombre así como el afán por extender su existencia, la anticipación a las enfermedades a través de técnicas o dispositivos de detección muy precoz, el logro de la reconstrucción biológica, la manipulación genética y el control del envejecimiento son algunas de las alternativas.

La nanotecnología abre un mundo inimaginable de posibilidades en todos los campos de la ciencia: materiales, medicina, electrónica, computación, entre otros, por tanto impulsará la economía mundial.

La industria petrolera se mantiene en estado de alerta tecnológica y demanda constantemente soluciones tecnológicas con el objeto de hacer más efectivos y eficientes sus procesos de exploración y producción, refinación y procesamiento, almacenamiento y despacho de crudo. Algunos de los objetivos básicos se orientan al cambio drástico en el recobro de los hidrocarburos y la eliminación de la contaminación en sus procesos.

La nanotecnología puede representar la solución a problemas en diferentes ámbitos de la ciencia, así como también, ofrecer atractivas oportunidades de negocio a nivel mundial.

Atendiendo estos planteamientos surge la necesidad de determinar las tendencias tecnológicas y oportunidades de negocio en el área de nanotecnología.

## **2. Nanotecnología**

Ciencia cuyo objetivo consiste en manipular hábilmente y de manera individual átomos y moléculas para crear estructuras con mejor organización molecular y de esta manera influir en las propiedades de los materiales y/o construir dispositivos y máquinas a escalas nanométricas (un nanómetro equivale a una billonésima de metro; una milésima de una micra) que posean extraordinarias características y que permitirán en muchos casos, realizar tareas hasta ahora inimaginadas (Zyvex, 2002; The Center for Nanotechnology University of Washington, 2002 y The Institute of Nanotechnology, 2002).

Las posibilidades técnicas de la nanotecnología, de acuerdo a Nanotechnology Magazine (2002), incluyen:

- Computadoras mil millones de veces más rápidas
- Viajes espaciales seguros (uso de nanomateriales)

- Nanomedicina ... fin virtual de enfermedades, envejecimiento, muerte
- No más contaminación y eliminación de la existente
- Síntesis de alimentos moleculares... fin de hambre e inanición
- Reintroducción de muchos animales y plantas extintos

“La nanotecnología se despliega en tres campos: nanotecnología seca, nanotecnología húmeda y nanotecnología computacional” (Fernández, 2001). La **nanotecnología seca** se emplea en la fabricación de estructuras de carbón (nanotubos), de silicio, de materiales inorgánicos, de metales y semiconductores, así como en la investigación electrónica, del magnetismo, de dispositivos ópticos y en la construcción de los ensambladores moleculares, pequeñas máquinas que fabrican máquinas y se autorreplican; la **nanotecnología húmeda** se desarrolla en la investigación de sistemas biológicos: material genético, enzimas y distintos componentes celulares; la **nanotecnología computacional** ocupa campos como el modelado y simulación de estructuras complejas de escala nanométrica.

La idea de utilizar estructuras atómicas construidas átomo por átomo (Zyvex, 2002) fue propuesta por Richard Feynman (ganador del premio Nóbel por sus contribuciones fundamentales a la electrodinámica cuántica) en su famoso discurso del 29 de diciembre de 1959 en un encuentro de la Sociedad Americana de Física en la Universidad de California, allí expuso “los principios de la física, como yo lo veo, no hablan sobre la posibilidad de maniobrar cosas átomo por átomo. Esto no es un intento de violar alguna ley; es algo que en principio se puede hacer; pero en la práctica, no se ha hecho porque somos demasiado grandes”.

En los años 80 Eric Drexler, estudiante del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) e investigador asociado a las tecnología emergentes y sus consecuencias para el futuro (Foresight Institute, 2002), reinventó la nanotecnología bajo la idea de crear sistemas de ingeniería a nivel molecular. Realmente fue Drexler el que introdujo, a mediados de los años 80, el término **nanotecnología** para describir atómicamente la fabricación molecular precisa de sistemas y sus productos.

“Una nueva generación de microscopios con resolución atómica ha abierto una ventana directa dentro del mundo de átomos y moléculas” (Nanomix Inc., 2002).

Considerando lo señalado por Molina (2002) y Fernández (2001), la solución para trabajar a escala nanométrica fue utilizar como herramienta los sistemas de observación indirecta, como el microscopio de barrido por efecto túnel, el microscopio de fuerza atómica y el microscopio de sonda de barrido, estos instrumentos adicional a su función como microscopios pueden utilizarse para mover átomos a voluntad y construir así algunas estructuras diseñadas. También existen balanzas que pesan hasta el nanogramo, basadas en la medición de las frecuencias de vibraciones que produce la masa pesada sobre un cristal de cuarzo; y por supuesto, se utiliza software para visualización atómica y para modelamiento y diseño molecular como herramienta complementaria e imprescindible.

El siguiente y definitivo paso es construir la herramienta que sirva para realizar los montajes moleculares, el ensamblador o máquina ensambladora capaz de manipular moléculas y agruparlas en nanoestructuras y que, además pueda obedecer instrucciones para autoclonarse y así añadir fuerza de trabajo al proceso de fabricación molecular (Fernández, 2001).

## 2.1. Patente

Es la concesión de un derecho de propiedad al inventor; el derecho conferido por la concesión de la patente es, en el idioma del estatuto y de la propia concesión “el derecho para excluir a otros de hacer uso u ofrecer en venta” la invención en los Estados Unidos o “importarla”. Las patentes son concedidas a cualquiera que inventa o descubre cualquier nuevo y útil proceso, fabrique algún artículo, origine un nuevo material o cualquier mejora útil asociada, incluye prácticamente todo lo que es hecho por el hombre y los procesos para hacer diferentes productos (Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos, 2002).

La **Oficina de Patentes y Marcas Registradas de Estados Unidos** es una entidad federal no comercial, adscrita al Departamento de Comercio, encargada de examinar y emitir patentes y examinar y registrar marcas de fábrica. Su objetivo básico es promover el progreso de la ciencia y las artes por medio del afianzamiento del derecho exclusivo de descubrimientos a sus inventores.

## 3. Metodología

Respecto al método para la producción del conocimiento, la investigación es **descriptiva y documental** (Chávez, 1994 y Bravo, 1987); en relación a las fuentes utilizadas, la investigación se enmarcó dentro del campo de la investigación **bibliográfica**, específicamente dentro de un estudio **bibliométrico** (Bisquerra, 1989).

El diseño de la investigación, de acuerdo al criterio de Hernández Sampieri *et al.* (1998), es **no experimental**, debido a que no se hacen variar intencionalmente las variables del estudio (tendencias tecnológicas y oportunidades de negocio en el área de nanotecnología), asimismo, dentro del contexto de dimensión temporal, se clasificó la investigación no experimental como **transeccional-descriptiva**, considerando que la información que se utilizó para realizar el estudio se recolectó en un momento o tiempo único (periodo comprendido entre julio del 2002 y marzo del 2003), y el propósito de la investigación fue describir la variable y analizarla en un momento dado.

La **población y la muestra** en esta investigación estuvieron integradas por la misma unidad de análisis, específicamente 220 trabajos patentados en el área de nanotecnología por la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de EE.UU. desde el año 1976 hasta el 31/12/2002. La muestra fue tipificada como **no probabilística** (Hernández Sampieri *et al.*, 1998) e **intencional u opinática** (Arias, 1999 y Sabino, 1992).

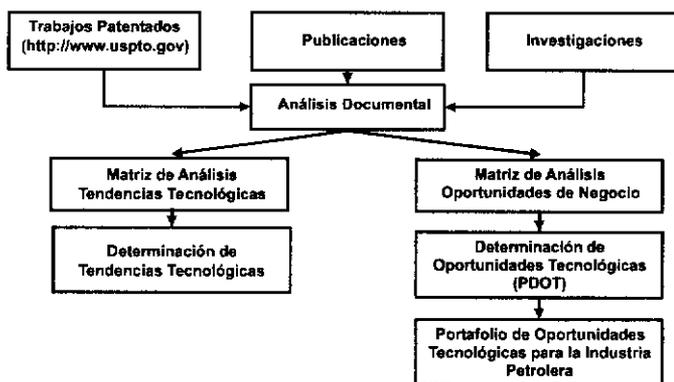
La **técnica de recolección de datos** utilizada fue el **Análisis Documental**, se llevó a cabo a través del uso de Internet visitando especialmente la página Web de “United States Patent and Trademark Office”; se analizaron las 220 patentes asociadas a la población muestral. En la Figura 1 se muestra la esquematización de la metodología utilizada.

El **instrumento de recolección de datos** fue la **matriz de análisis**, en ella se registraron los datos relevantes, en función de las categorías y subcategorías seleccionadas, de cada trabajo patentado. El objetivo de la matriz de análisis asociada a la variable Tendencias Tecnológicas fue recolectar la información relevante de cada trabajo patentado para determinar las tendencias tecnológicas en el área de nanotecnología.

La matriz se conformo por seis columnas: (a) número asignación de la patente: identificación que asigna la Oficina de Patentes, (b) título de la patente: título que le dio el investigador a su trabajo, (c) fecha de asignación de la patente: fecha en que la Oficina de Patentes concedió la patente, (d) fecha de aplicación para obtener la patente: fecha en la que el investigador consigno todos los recaudos requeridos para patentar su trabajo, (e) aplicación: utilidad de los resultados de las patentes, y (f) campo de la aplicación: campo de conocimiento al que se asocia la aplicación de la patente.

La matriz de análisis relacionada a la variable Oportunidades de Negocio, tuvo como objetivo registrar la información de los nichos de oportunidades (resultantes de las aplicaciones de las patentes) para determinar las oportunidades de negocio en el área de nanotecnología. La matriz se conformo por tres columnas: (a) campo de conocimiento de las aplicaciones (específicamente los campos asociados al mayor número de patentes), esta información se obtuvo de la matriz de análisis diseñada para determinar las tendencias tecnológicas, (b) nichos de oportunidades de negocio, resultantes de las aplicaciones de las patentes y (c) oportunidades de negocio, vislumbradas en función de los nichos de oportunidades.

**Figura 1**  
**Esquematización de la metodología utilizada**



Las **Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos** fueron:

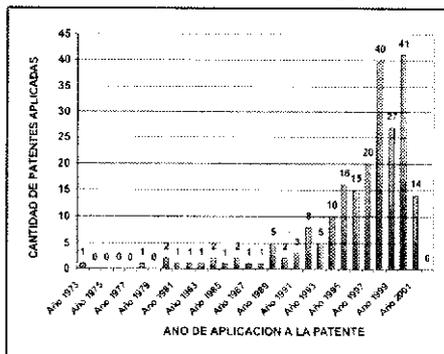
- Análisis de la información contenida en las matrices de análisis.
- Clasificación de las patentes de acuerdo al campo de conocimiento (asociado a la utilidad/aplicación de la patente), 12 campos en total: electrónica/computación, materiales, medicina, nano I&D, procesos industriales, electricidad, física, óptica, química, telecomunicaciones, transferencia de calor, otros.
- Elaboración de gráficos con la información obtenida de las matrices (cantidad de trabajos patentados por año de asignación de la patente, por campo de conocimiento al que se asocia la aplicación de la patente; cantidad de trabajos patentados por año de asignación de la patente para cada campo de conocimiento al que se orientan las aplicaciones de las patentes), esta información sustentó las bases para la determinación de las tendencias tecnológicas y oportunidades de negocio.
- Contraste de la información obtenida con la fundamentación teórica para realizar el análisis.

## 4. Resultados y Discusión

### 4.1. Patentes en el área de nanotecnología aplicadas (solo asociadas a patentes asignadas)

En el Gráfico 1 se puede observar que el primer trabajo aplicado en la Oficina de Patentes para obtener una patente tuvo lugar en el año 1973, a partir de allí esta actividad ha aumentado significativamente, incrementándose sostenidamente a partir del año 1995, asimismo, es necesario mencionar que el 78,6% de las patentes asignadas fueron aplicadas por sus inventores en el periodo comprendido entre el año 1995 y 2001.

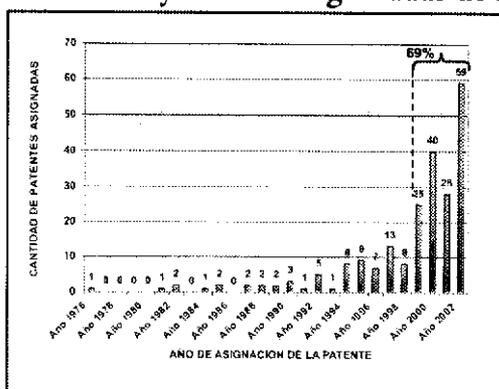
**Gráfico 1**  
**Patentes en el área de nanotecnología aplicadas de acuerdo a la "Oficina de Patentes y Marcas Registradas de EE.UU."**



## 4.2. Patentes en el área de nanotecnología asignadas

La primera patente en el área de nanotecnología asignada por la Oficina de Patentes tuvo lugar en el año 1976 (ver Gráfico 2), posterior a ello, fue hasta el año 1981 que se asignó otra patente en esta materia, pero el desarrollo sostenido se llevó a cabo a partir del año 1994, teniendo su mayor expresión en el periodo comprendido entre los años 1999 y 2002 con 152 patentes asignadas (69%). De acuerdo a la curva que describe la gráfica, el crecimiento en este campo es exponencial, por tanto se predice un vertiginoso y acelerado desarrollo.

**Gráfico 2**  
**Patentes en el área de nanotecnología asignadas por la “Oficina de Patentes y Marcas Registradas de EE.UU.”**

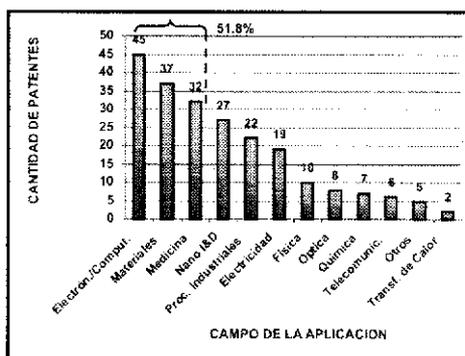


## 4.3. Campos de conocimiento al que se asocian las aplicaciones de las patentes

La tendencia de la nanotecnología en cuanto al campo de conocimiento de la aplicación de las patentes se direcciona en primer lugar a la investigación en electrónica/computación, en segundo lugar al desarrollo de materiales y en tercer lugar a medicina, el 51,8% de las patentes asignadas se corresponden con trabajos orientados a estos campos (ver Gráfico 3).

Los resultados obtenidos encuentran asidero en las necesidades prioritarias de los seres humanos: “el interés actual está enfocado en el diseño y construcción de computadores más pequeños y rápidos a los ya existentes” (Molina, 2002). “La fabricación, por ejemplo, de nuevos materiales exigirá de este tipo de construcción molecular, lo que posibilitaría el sintetizar materiales más duros, flexibles, ultraligeros e incluso activos, con capacidad para auto repararse” (Fernández, 2002). “Las potenciales aplicaciones médicas de la nanotecnología cambiarán por completo el panorama sanitario, el tratamiento farmacológico, las intervenciones quirúrgicas y la prevención de enfermedades” (Fernández, 2001).

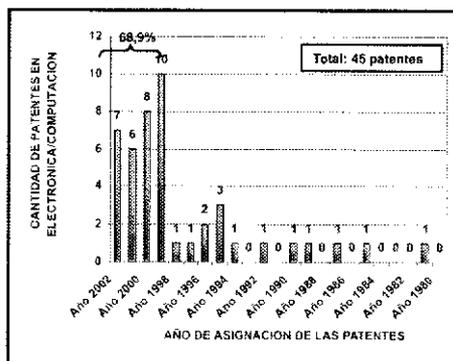
**Gráfico 3**  
**Campos de conocimiento al que se asocian las aplicaciones de las patentes asignadas en el área de nanotecnología**



#### 4.4. Patentes asignadas en el campo de Electrónica y Computación

En el Gráfico 4 se puede notar que la primera patente asignada data del año 1981, pero el empuje real tiene lugar a partir del año 1999, año en el cual se patentaron el 22,2% del total de las patentes asignadas en este campo. En el período comprendido entre el año 1999 y 2002 se asignaron un total de 31 patentes para un 68,9%.

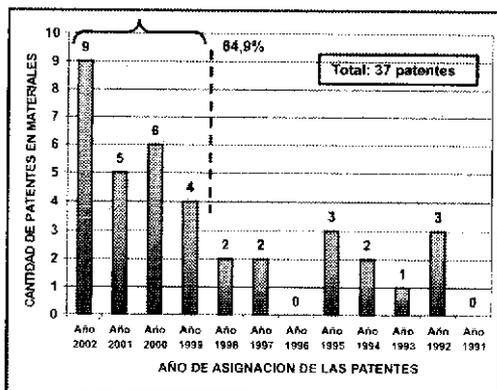
**Gráfico 4**  
**Patentes asignadas en el campo de Electrónica y Computación**



#### 4.5. Patentes asignadas en el campo de Materiales

El desarrollo en este campo se inicia en el año 1992, teniendo un crecimiento sostenido en el tiempo hasta alcanzar el año 2002, donde se asignaron 9 patentes (24,3%). En el período comprendido entre el año 1999 y 2002 se asignaron 24 patentes (64,9%) del total de patentes en este campo (ver Gráfico 5).

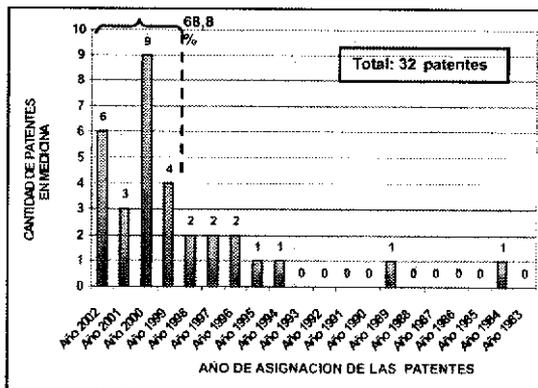
**Gráfico 5**  
**Patentes asignadas en el campo de Materiales**



#### 4.6. Patentes asignadas en el campo de Medicina

El primer trabajo cuya aplicación se oriento al campo de medicina fue patentado en el año 1984, pero es a partir del año 1994 cuando se hace sostenido el desarrollo en esta área. La mayor cantidad de patentes asignadas tuvo lugar en el año 2000, con 9 trabajos patentados (28,1%), asimismo, se puede señalar que entre los años 1999 y 2002 el total de trabajos patentados fue 22 para un equivalente del 68,8% (ver Gráfico 6).

**Gráfico 6**  
**Patentes asignadas en el campo de Medicina**



#### 4.7. Madurez y Dominio de la Nanotecnología

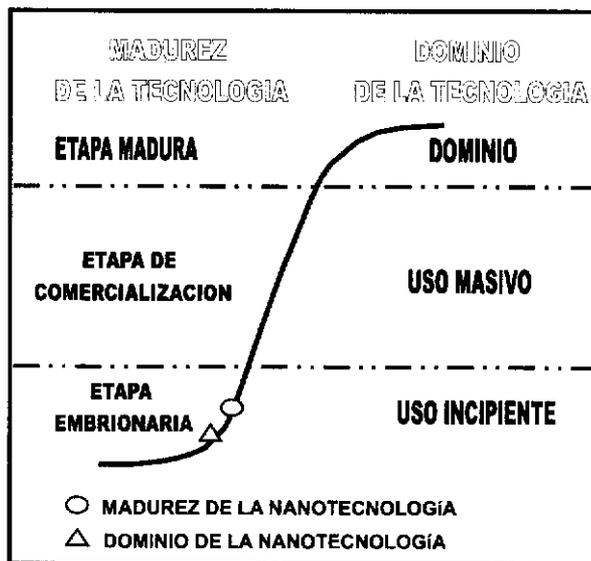
Observando la Figura 2 se puede resaltar que la nanotecnología se encuentra en una etapa embrionaria ya que la tecnología esta en pleno desarrollo, las pruebas se realizan en centros de investigación o laboratorios.

Este grado de madurez obedece a lo novedoso de esta ciencia y a que el desarrollo sostenido de las investigaciones y estudios en nanotecnología data del año 1994 en adelante, sin embargo, la evolución acelerada en el tiempo en esta ciencia después del año 1994 permite predecir un no muy tardío salto de la etapa embrionaria a la de comercialización.

En relación al nivel de dominio de la tecnología, la nanotecnología se ubica en la etapa de uso incipiente, en la parte media de la porción de la curva "S" para la mencionada etapa. El nivel de dominio de una tecnología (Alfonzo y otros, 2002) trata de identificar la experiencia del usuario en la aplicación de una tecnología, y como ya se ha mencionado, la nanotecnología aun se encuentra en proceso de desarrollo en centros de investigación o laboratorios, por tanto el grado de utilización por parte del usuario es limitada; aunque es importante señalar que aisladamente ya existen empresas y centros de investigación iniciando la comercialización de sus desarrollos.

En la medida que la madurez de la tecnología incrementa, también incrementara la experiencia del usuario en la aplicación de la tecnología y por ende el nivel de dominio de la misma.

Figura 2  
Curva "S" Madurez y Dominio de la Nanotecnología



#### **4.8. Oportunidades de Negocio en el Area de Nanotecnología**

En el campo de electrónica/computación se detectaron 3 nichos de oportunidades y 7 oportunidades de negocio; en el campo de materiales 7 nichos de oportunidades y 10 oportunidades de negocio y en el campo de medicina, 11 nichos de oportunidades y 15 oportunidades de negocio.

Dentro del campo de electrónica y computación, los nichos de oportunidades de negocio están representados por la nanoelectrónica, nanocomputación y nanotelecomunicaciones, y las oportunidades de negocio se asocian al incremento en la capacidad de procesamiento de datos e información; el desarrollo de instalaciones, equipos, máquinas inteligentes; la automatización industrial; la fabricación de equipos electrónicos y computacionales a nanoescala; monitoreo, optimización, mantenimiento y reparación remota en tiempo real de instalaciones.

En el campo de materiales, la meta es la construcción de nanoestructuras “capaces de reunir las propiedades requeridas para desempeñar funciones concretas” (Fernández, 2001). El interés se direcciona a la consecución de materiales que permitan la construcción de máquinas y equipos más eficientes, duraderos y rentables.

Los nichos de oportunidades de negocio están relacionados con nanomateriales, nanopartículas de polímero, nanocerámicas, nanocristales de magnesio, nanopolvos de metal, nanoresina sensitiva a la radiación y nanocompuestos de cerámica-metal; y las oportunidades de negocio están vinculadas con la fabricación de supermateriales y superaleaciones (cero corrosión, cero fricción, cero erosión, propiedades térmicas según requerimientos, superconducción); recubrimientos para componentes de equipos rotativos (cero fractura, cero impacto, cero fatiga, cero fricción, cero desgaste, cero corrosión), para hacerlos mas eficientes; sistemas de sellado no deformables y duraderos para equipos rotativos; almacenamiento y transporte de hidrogeno (con cinética muy buena).

La medicina es un campo donde el interés se centra en las técnicas de detección precoz de enfermedades, tratamientos farmacológicos efectivos, regeneración celular,... en definitiva, en el incremento de la calidad y vida del hombre y el alcance de la soñada inmortalidad (García, 2002 y Fernández, 2001).

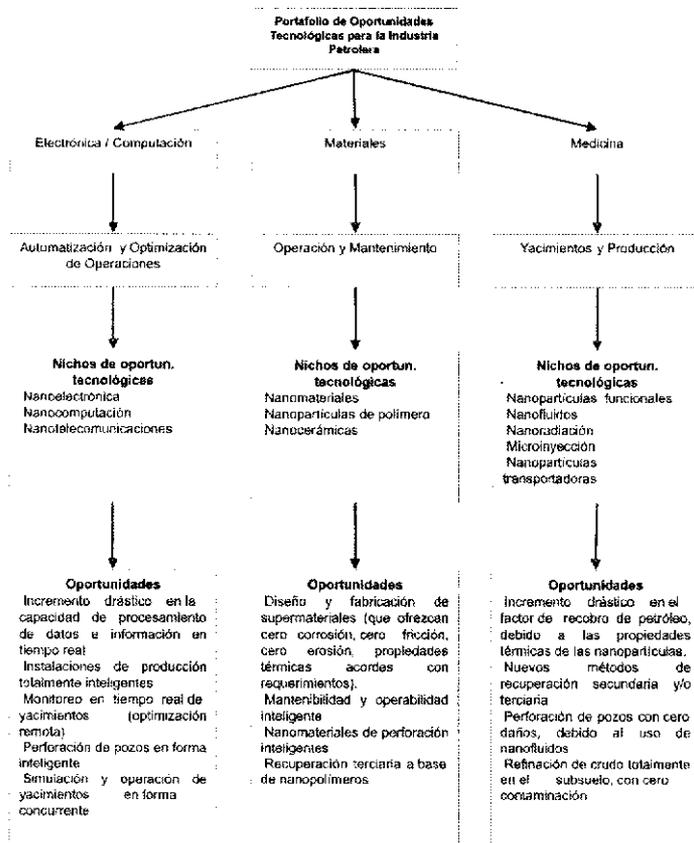
Los nichos de oportunidades giran en torno a nanopartículas funcionales, nanoelectrodos, nanofluidos, nanoradiación, microinyección, nanopartículas transportadoras, nanopigmentos de oxido de titanio, nanocerámica bio-activa, nanoconstrucción de ácido nucleico multimerico, nanopartículas basadas en poliaminoácidos y nanopelotillas (lípidos); y las oportunidades de negocio se direccionan a la restauración medica (dental y de huesos); preparación de drogas y farmacéuticos nuevos; inmunología y terapia del cáncer; tratamiento de enfermedades y de tejidos o células enfermas; prótesis e implantes dentales; técnicas de administración de sustancias activas farmacológicamente; regeneración de tejidos; manipulación de proteínas, ADN, material genético, células.

## 4.9. Portafolio de Oportunidades Tecnológicas en el Área de Nanotecnología para la Industria Petrolera

Las oportunidades de negocio anteriormente descritas, representan el portafolio de oportunidades tecnológicas general en el área de nanotecnología (PDOT), de este portafolio se seleccionaron aquellas oportunidades tecnológicas de interés para la industria petrolera, por supuesto, considerando los tres campos que reflejan las tendencias tecnológicas de la nanotecnología: electrónica/computación, materiales y medicina, el portafolio se muestra en la Figura 3.

El campo de **Electrónica/Computación** incide directamente en la automatización y optimización de operaciones en la industria, **Materiales**, influencia directamente las actividades de operación y mantenimiento, y **Medicina**, respalda las actividades asociadas a yacimientos y producción.

**Figura 3**  
**Portafolio de oportunidades tecnológicas para la industria petrolera**



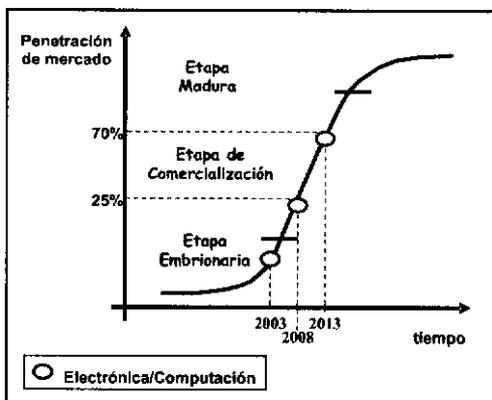
#### **4.10. Madurez tecnológica y penetración de mercado de oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología**

En función de la sustentación teórica que soporta la investigación, de los resultados obtenidos a través del estudio bibliométrico efectuado y considerando las predicciones de grandes centros de Investigación y Desarrollo en Nanotecnología, entre ellos: Zyvex, The Center for Nanotechnology University of Washington, The Institute of Nanotechnology y Foresight Institute, fue posible determinar la madurez tecnológica actual de las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología visualizadas para la industria petrolera en los tres campos: electrónica/computación, materiales y medicina; asimismo fue posible efectuar una proyección en el tiempo respecto a la madurez y penetración de mercado de la tecnología.

##### **4.10.1. Electrónica/Computación**

Las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología en este campo se ubican en la etapa embrionaria muy cerca del inicio de la etapa de comercialización (ver Figura 4), por tal razón se proyecta para el año 2008 una penetración de mercado del 25% y para el año 2013 del 70%. Las tecnologías se encuentran en desarrollo y pruebas dentro de los centros de investigación para pronto estar disponibles e iniciar el proceso de evaluación por parte del mercado.

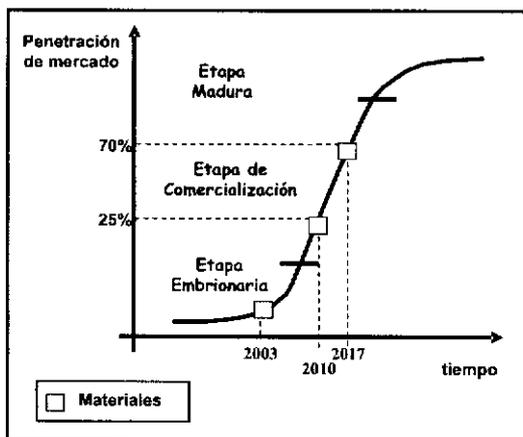
**Figura 4**  
**Madurez tecnológica y penetración de mercado de oportunidades nanotecnológicas en el área de electrónica/computación**



##### **4.10.2. Materiales**

Las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología en el campo de materiales actualmente se encuentran en la etapa embrionaria, específicamente en la parte media de esta etapa (ver Figura 5). Se estima que para el año 2010 estas tecnologías alcancen un 25% de penetración de mercado y para el año 2017 un 70%.

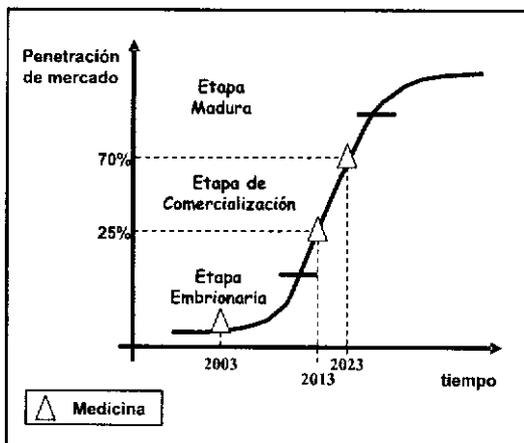
**Figura 5**  
**Madurez tecnológica y penetración de mercado de oportunidades nanotecnológicas en el área de materiales**



#### 4.10.3. Medicina

Actualmente las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología en el campo de medicina se ubican en la etapa embrionaria, precisamente en la parte inicial de la porción de la curva correspondiente a esta etapa (ver Figura 6). La proyección es que para el año 2013 las oportunidades tecnológicas arriben al 25% de penetración de mercado y para el año 2023 al 70%.

**Figura 6**  
**Madurez tecnológica y penetración de mercado de oportunidades nanotecnológicas en el área de medicina**



#### 4.11. Diagnóstico y posicionamiento tecnológico de las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología para la industria petrolera.

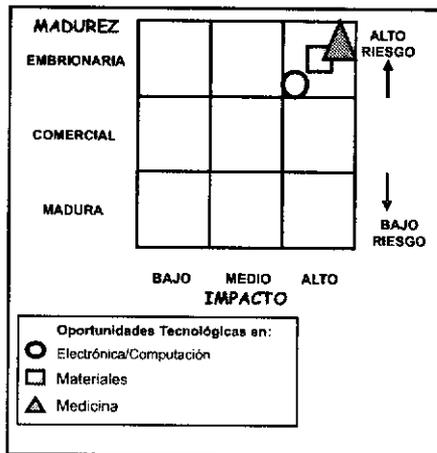
Con el objeto de evaluar las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología y determinar las acciones a seguir para materializar dichas oportunidades se llevo a cabo este proceso de diagnostico y posicionamiento tecnológico en sus tres fases: análisis de impacto, análisis de brechas y posicionamiento tecnológico.

##### 4.11.1. Análisis de impacto

En la matriz impacto - madurez tecnológica - riesgo (Figura 7), se puede observar que todas las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología se encuentran en la etapa embrionaria, se asocian a un alto impacto (creación de valor alta) y al mismo tiempo a un mayor riesgo.

Tal como se explico en las curvas de madurez tecnológica, las oportunidades en el área de electrónica/computación se ubican mas cerca de la etapa de comercialización, le siguen las oportunidades en el campo de materiales y posteriormente las relacionadas al campo de medicina (las más embrionarias).

**Figura 7**  
**Matriz de impacto - madurez tecnológica - riesgo para las oportunidades nanotecnológicas en la industria petrolera**

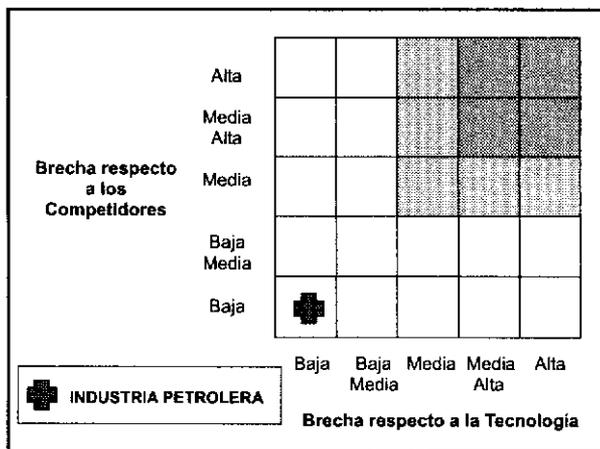


##### 4.11.2. Análisis de brechas

En la matriz de análisis de brechas (Figura 8) se puede observar que tanto la brecha respecto a los competidores como la brecha respecto a la tecnología se encuentran en un nivel bajo, debido a que se trata de una tecnología emergente, en etapa embrionaria, que no esta disponible al mercado, solo en los centros de investigación.

De acuerdo a la ubicación de las brechas en la matriz, es notorio que las oportunidades de negocio y posicionamiento vislumbrados a futuro son prometedoras.

**Figura 8**  
**Matriz de Análisis de Brechas para la Industria Petrolera respecto a la Nanotecnología**



**4.11.3. Posicionamiento tecnológico**

Las acciones a seguir para materializar las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología son dos, invertir en investigación y desarrollo, con el objeto de mitigar el grado de madurez de la tecnología (embrionaria) y el riesgo asociado a la misma; y materializar alianza tecnológica, con la intención de cerrar la brecha de competitividad en el menor tiempo posible (Figura 9).

**Figura 9**  
**Posicionamiento Tecnológico de la Industria Petrolera respecto a la Nanotecnología**

Posicionamiento	
<b>Ejecutar Proyecto Tecnológico</b>	
<b>Invertir en I &amp; D</b>	<b>X</b>
<b>Transferir / Masificar</b>	
<b>Materializar Alianza Tecnológica</b>	<b>X</b>

## 5. Conclusiones

- Los actuales y futuros desarrollos en el área de nanotecnología se orientan a los campos de electrónica/computación, materiales y medicina.
- El año 2002 representó el año de mayor desarrollo en el campo de investigación y desarrollo en nanotecnología, la proyección a futuro es un crecimiento vertiginoso y acelerado.
- En los campos de electrónica/computación, materiales y medicina se detectaron 21 nichos de oportunidades de negocio y 32 oportunidades de negocio.
- La nanotecnología se ubica en la etapa de madurez tecnológica embrionaria, se proyecta su comercialización y penetración de mercado del 25% dentro de 7 años y del 70% dentro de 11 años (promedio). Cabe señalar que el nicho con mayor desarrollo es el de electrónica/computación, le sigue materiales y finalmente medicina.
- El área de nanotecnología se caracteriza por generar alto impacto (creación de valor alto) expresada en producción y rentabilidad económica, ubicarse en una etapa de madurez tecnológica embrionaria y asociarse a un alto riesgo.
- El tamaño de la oportunidad de negocio para la industria petrolera es grande, el riesgo puede ser mitigado invirtiendo en I&D y materializando alianzas estratégicas.
- El portafolio de oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología para la industria petrolera encuentra aplicación en el campo de yacimientos y producción, operación y mantenimiento de instalaciones y en la automatización de procesos y optimización de operaciones. En las oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología la industria puede apalancarse para generar mayor rentabilidad y sólidas ventajas competitivas.
- El método bibliométrico es una herramienta útil y versátil para determinar las tendencias tecnológicas y oportunidades de negocio de una tecnología en particular.
- Un portafolio de oportunidades tecnológicas en el área de nanotecnología o en cualquier otra área, determinado a través de la metodología empleada en esta investigación, puede ser incluido en el plan de negocios de la industria o empresa para la cual represente interés con el objeto de acelerar el desarrollo de oportunidades y materializar las promesas de creación de valor.

## Bibliografía

- Alfonzo, A. *et al.* (2002). Introducción a la Gestión Tecnológica. **Informe interno de PDVSA no publicado.**
- Ariadna@ (2001, Diciembre 27). El año de la nanotecnología. Suplemento para comprender el mundo digital, **El Mundo [Diario en Línea]**. Disponible: <http://www.elmundo.es/ariadna/2001/73> [consulta: 2002, Octubre 5].
- Arias, F. (1999). **El proyecto de investigación**. 3era. Edición. Editorial Episteme, Caracas.
- Bisquerra, R. (1989). **Métodos de investigación educativa**. Ediciones CEAC, S.A., Caracas.
- Bravo, L. (1987). **La investigación documental y bibliográfica**. Editorial Panapo, Caracas.
- Center for Nanotechnology University of Washington (2002). [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.nano.washington.edu> [Consulta: 2002, Agosto].
- Chávez, N. (1997). **Introducción a la investigación educativa**. 2da. Edición. Ars Gráfica, S.A., Maracaibo.
- Diccionario de Marketing (1999). Cultural, S.A., Madrid.
- Enciclopedia McGraw-Hill de Ciencia y Tecnología (1992). 2da. Edición. 6 tomos.
- Fairley, P. (2002). Nanotech by the numbers. **Technology Review**. [Revista en línea]. Disponible: <http://www.technologyreview.com/articles> [Consulta: 2002, Septiembre 30].
- Fairley, P. (2003). Nanoimprint lithography. **Technology Review**. [Revista en línea]. Disponible: <http://www.technologyreview.com/articles> [Consulta: 2003, Marzo 2].
- Fernández, E. (2001). Nanotecnología: camino hacia el microcosmos [Documento en línea]. **Ciencia Digital**. Disponible: <http://www.cienciadigital.net> [Consulta: 2002, Octubre 5].
- Foresight Institute (2002). [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.foresight.org> [Consulta: 2002, Septiembre 22].
- García, N. (2002). El laberinto nanotecnológico [Documento en línea]. **Laboratorio de física de sistemas pequeños y nanotecnología de Madrid**. Disponible: <http://www.fsp.csic.es/> [Consulta: 2002, Septiembre 25].
- Gaynor, G. (1999). Gestión Tecnológica: descripción, campo de acción e implicaciones. En G. Gaynor (Ed.), **Manual de Gestión Tecnológica: tomo I** (pp. 3-31). Santafé: McGraw-Hill.

- Hernández Sampieri, R. *et al.* (1998). **Metodología de la investigación**. 2da. Edición. McGraw-Hill.
- Instituto de Formación Europeo de Nuevas Tecnologías (2002). [Pagina Web en línea]. Disponible: <http://www.ifent.org/lecciones/teoriaatomica> [Consulta: 2002, Agosto 8].
- Kuczmariski, T. (1997). **Innovación. Management Siglo XXI**. McGraw-Hill, Santafé.
- Leo, A. (2001). Get ready for your nano future. **Technology Review**. [Revista en línea]. Disponible: <http://www.technologyreview.com/articles> [Consulta: 2002, Agosto 12].
- Lira, P. y Aguilar O. (2002). Proceso de identificación y adopción de tecnologías en el área de Biotecnología y Nanotecnología. Trabajo no publicado, Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo.
- Molina, M. (2002). Nanotecnología, ciencia de lo diminuto. **Boletín Sociedad Chilena de Física** [Documento en línea]. Disponible: <http://fisica.usach.cl/boletin/Abril2002/molinaabril2002.pdf> [Consulta: 2002, Agosto].
- Nanomix Inc., nanotechnology company (2002). [Pagina Web en línea]. Disponible: <http://www.nano.com> [Consulta: 2002, Agosto 12].
- NanoTechnology Magazine (2002). [Pagina Web en línea]. Disponible: <http://www.nanoquest.com/nanozine> [Consulta: 2002, Agosto].
- Nano-tex (2002). [Pagina Web en línea]. Disponible: <http://www.nano-tex.com> [Consulta: 2002, Julio 26].
- NASA (2003). [Pagina Web en línea]. Disponible: <http://www.nasa.gov> [Consulta: 2003, marzo 2].
- Neumann, A. y Blachere, K. (2000). Como la Nanotecnología cambiara el mundo, **reporte especial de CNET** [Documento en línea]. Disponible: <http://www.microdek.com> [Consulta: 2002, Octubre 5].
- Sabino, C. (1992). **El proceso de investigación**. Editorial Panapo, Caracas.
- Scigliano, E. (2003). Nano solar cells. **Technology Review**. [Revista en línea]. Disponible: <http://www.technologyreview.com/articles> [Consulta: 2003, Marzo 2].
- Sierra Bravo, R. (1999). **Técnicas de investigación social, teoría y ejercicios**. 13ava. Edición. Editorial Paraninfo, España.
- Soto, A. (2001). Metodología para la incorporación de nuevas tecnologías en proyectos de explotación petrolera. Tesis de maestría no publicada, Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo.
- Steele, L. W. (1989). **Managing Technology. The Strategic View**. McGraw-Hill.

- Sumanth, D. (1999). El enfoque de "Ciclo de la Tecnología" a la gestión tecnológica. En G. Gaynor (Ed.), **Manual de Gestión Tecnológica**: tomo I (pp. 47-63). Santafé: McGraw-Hill.
- Tapias García, H. (2000). Gestión tecnológica y desarrollo tecnológico. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia** [Revista en línea]. Disponible: <http://jaibana.udea.edu.co/producciones> [Consulta: 2002, Agosto 8].
- Thamhain J., H. (1999). Manejo de la innovación basada en la tecnología. En G. Gaynor (Ed.), **Manual de Gestión Tecnológica**: tomo I (pp. 183-198). Santafé: McGraw-Hill.
- The Institute of Nanotechnology (2002). [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.nano.org.uk> [Consulta: 2002, Agosto].
- Torres Morales, V. (1993). **Glosario de Marketing y Negocios**. McGraw-Hill, México.
- United States Patent and Trademarks Office (2002). [Patentes y marcas registradas en el área de nanotecnología. Datos en línea]. Disponible: <http://www.uspto.gov> [Consulta: 2002, Julio-Octubre].
- Universidad de Oviedo (2002). **Diccionario de Español** [Diccionario en línea]. Disponible: <http://trsd.uv.es/busca.html> [Consulta: 2002, Noviembre].
- Urdaneta, R. (2001). Metodología para la evaluación y selección de los procesos tecnológicos utilizados en los procesos operacionales de la industria petroquímica Venezolana. Tesis de maestría no publicada, Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, Maracaibo.
- Wyk, R. van (1999). Análisis de la tecnología: una base para la experiencia tecnológica. En G. Gaynor (Ed.), **Manual de Gestión Tecnológica**: tomo I (pp. 91-105). Santafé: McGraw-Hill.
- Zyvex, Molecular Nanotechnology Company (2002). [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.zyvex.com/nano> [Consulta: 2002, Agosto].