



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**EL PATRÓN PRODUCTIVO ACTUAL, DESARROLLO Y PERSPECTIVAS.
EL CASO DE LA NANOTECNOLOGÍA.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA:
VLADIMIR AGUSTÍN YAÑEZ GARCÍA**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. ALEJANDRO DABAT**

MÉXICO, D.F.

ENERO 2010





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Este trabajo está dedicado a los niños de mi familia, Diego, Emiliano y Sebastián, los cuales vivirán lo que hoy sólo puedo imaginar

Agradezco especialmente a Orquídea, por su apoyo, su compañía y en especial por su amor.

Agradezco a el Doctor Alejandro Dabat por sus enseñanzas, por ser una guía no sólo en la academia, sino también en las cosas sencillas de la vida

Agradezco a todas las personas que han estado a mi lado a lo largo de este trayecto, amigos, compañeros y camaradas.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de la presente investigación

Índice

Presentación...1

1 Elementos teóricos e históricos del capitalismo actual.....	4
1.1 Elementos del capitalismo industrial y etapas de desarrollo.....	4
1.2 Caracterizaciones teóricas del capitalismo actual.....	8
1.3 Principales elementos configurativos de la etapa actual del capitalismo.....	12
1.3.1. Estructura tecnológica actual: la revolución informática	12
1.3.2. Estructura espacial del capitalismo actual: la globalización.....	20
1.3.2.1. Estructura productiva y división internacional del trabajo, las cadenas globales de producción.....	21
1.3.2.2. La infraestructura global.....	23
1.3.2.3. La sociedad y el Estado en la globalización.....	25
1.3.3. Formas de valorización actual: el conocimiento y la información.....	27
1.3.4. Organización del trabajo: Producción flexible.....	31
1.4 Elementos para delimitar el patrón productivo actual.....	34
2 Estructura y evolución del patrón productivo actual.....	35
2.1 Delimitación del patrón productivo actual.....	35
2.2 Clasificación y análisis sectorial.....	36
2.2.1. Semiconductores... ..	37
2.2.2. Software.....	41
2.2.3. La computadora	42
2.2.4. Telecomunicaciones.....	47
2.2.5. Fibra óptica y satélite.....	50
2.2.6. Internet	52
2.3 Impacto del patrón productivo actual a nivel mundial y estructura del comercio internacional.....	54
2.4 Limitantes del patrón productivo y tecnologías emergentes	60
3 La nanotecnología, elementos históricos y tecnológicos.....	61
3.1 Conceptualización y características de la nanotecnología	61

3.2 Evolución de la nanotecnología	63
3.3 Condiciones materiales del desarrollo de la nanotecnología.....	67
3.4 Principales sectores en el desarrollo de la nanotecnología	70
3.4.1. Materiales	71
3.4.2. Semiconductores	73
3.4.3. Energía	74
3.4.4. Medicina	76
3.5 Debates sociales alrededor de la nanotecnología	78
4 Economía de lo diminuto, implicaciones económicas de la nanotecnología.....	83
4.1 Inversión en nanotecnología y planes de desarrollo nacionales.....	83
a) Estados Unidos.....	87
b) Japón.....	88
c) China.....	90
d) Corea del Sur.....	92
e) Unión Europea.....	93
f) América Latina.....	95
f-1) Brasil.....	96
f-2) Argentina.....	97
4.2 La nanotecnología en México.....	99
4.2.1 Capacidad de Investigación en México.....	100
4.3 Futuro de la nanotecnología.....	103
Conclusiones.....	105
Anexo.....	110
Bibliografía.....	120

Presentación

La presente investigación pretende explorar las principales características y repercusiones que ha tenido y puede tener la nanotecnología en el desarrollo del actual patrón productivo. Para esto nos apoyamos en el concepto de patrón productivo como el eje articulador. Lo hacemos porque el patrón productivo implica una serie de elementos históricos, tecnológicos, económicos y sociales que se conjugan y lo determinan. Partiendo del supuesto de la economía política clásica sobre la producción como la fuente de la riqueza de las naciones vemos en este concepto la utilidad de explicar la dinámica del sistema ya que el patrón productivo dinamiza al conjunto de la producción, crea encadenamientos productivos hacia atrás y hacia adelante, reestructura las viejas industrias y genera nuevas, así como productos y servicios. Sin embargo, es un factor dinámico que se va modificando y adaptando con el desarrollo del propio sistema, en ese sentido presenta avances y limitaciones que nos lleva a explorar los posibles escenarios que solucionen dichas limitaciones.

Así, las soluciones pueden venir de distintos frentes como el social, el político, el económico financiero, el tecnológico, etc. En este trabajo exploramos el frente tecnológico, las actuales limitaciones que han salido a la luz y analizamos cuales han sido los desarrollos tecnológicos y las propuestas para solucionarlas. Nos concentraremos en una de ellas, la nanotecnología. La nanotecnología ha entrado en el debate público desde diferentes disciplinas, la física, la química, la biología, la informática, la ingeniería, la sociología, la ética, entre otras. Estos debates van desde los beneficios que traería la nanotecnología como mejoras en la salud, en el control y limpieza del medio ambiente, en el desarrollo de tecnología limpia, en superar los límites de la electrónica, en mejorar las formas y calidad de obtención de energía, etc., hasta los aspectos negativos, como son la contaminación, las consecuencias inesperadas en la salud, creación de armas más potentes y sofisticadas, el no poder controlar a los llamados nanorobots y convertirse en una plaga (grey goo), las posibles consecuencias negativas entre países como la dependencia tecnológica, el cambio en los términos de intercambio por el menor consumo de materias primas y productos primarios, entre algunas otras que han salido prácticamente de la ciencia ficción.

El objetivo central de la tesis es explorar el patrón productivo actual, cómo y cuáles son las perspectivas de su desarrollo y tomar a la nanotecnología cómo una de las posibles

formas de solución a los problemas que presenta. Para el desarrollo de este objetivo central, se persiguen ciertos objetivos particulares: a) explorar los elementos que han configurado la actual etapa de desarrollo capitalista para entender la estructuración del actual patrón productivo; b) ubicar la nueva configuración mundial de la producción y el comercio internacional para determinar las regiones y los países más dinámicos, explorar sus limitaciones y posibilidades de desarrollo dentro de la producción mundial; c) hacer una exploración por el desarrollo histórico y tecnológico de la nanotecnología para entender su incidencia en la solución de las limitaciones del actual patrón productivo; d) explorar la evolución y los sectores donde mayor dinamismo presenta la nanotecnología actualmente; y finalmente f) explorar las potencialidades socioinstitucionales y tecnoeconómicas de la nanotecnología para llegar a ser o no un nuevo patrón productivo.

Estos objetivos se justifican por la necesidad de entender la dinámica actual del sistema capitalista para encontrar las mejores formas de integración al mercado mundial y el desarrollo económico de las naciones. La producción sigue siendo el fundamento del desarrollo económico, en ese sentido es necesario entender la dinámica de la producción y la configuración del patrón productivo, para poder generar las políticas y medidas económicas necesarias que fomenten el desarrollo nacional. Aunado a esto, entender esta dinámica permite vislumbrar los posibles caminos que a mediano y largo plazo se abren, generando las ventanas de oportunidad o las posibles vías de desarrollo que aquellas naciones, empresas y sociedades mejor preparadas podrán aprovechar.

En este último sentido, las premisas científicas que posibilitan el desarrollo de la nanotecnología, generadas desde la década de los años 60's, sólo han sido posible realizarlas a partir de las condiciones estructurales del capitalismo actual. Fruto de las tecnologías de la información y las herramientas que se han desarrollado a partir de ellas, de la división social, interindustrial e internacional del trabajo y de las nuevas formas de valorización que la etapa actual del capitalismo ha generado, la nanotecnología se ve como uno de los potenciales tecnológicos a mediano plazo con más rentabilidad en el mundo. La nanotecnología tiene un amplio abanico de sectores y productos en los que se puede desarrollar, sin embargo, actualmente el mayor impacto es en el área de la microelectrónica y la computación, ya que genera las posibilidades de superar los límites físicos que el proceso de miniaturización ha marcado. Las implicaciones económicas para los países y las

empresas que la desarrollan dependen del lugar que ocupen dentro de la división internacional y del desarrollo económico y social propio de cada país.

A partir de estos objetivos y su justificación, partimos de la hipótesis que la nanotecnología es un desarrollo científico y tecnológico con repercusiones a mediano y largo plazo en distintos sectores económicos, principalmente en el sector de los semiconductores y la computación donde actualmente encuentra las mejores condiciones de desarrollo, que ha evolucionado a partir de la configuración del patrón productivo actual y las herramientas propias de la actual etapa de desarrollo.

La investigación adopta un método de análisis histórico estructural y un forma de exposición argumentativa con uso de estadística descriptiva. Es un trabajo de investigación documental basado en la revisión de la literatura especializada en caracterizar la etapa actual de desarrollo, la especializada en el desarrollo y análisis económico y social de la nanotecnología y en la exploración estadística proporcionada por los principales organismos internacionales, empresas consultoras e investigadores independientes, así como en una revisión hemerográfica sobre los temas vinculados.

El trabajo se divide en cuatro capítulos, el primero proporciona el marco teórico e histórico del capitalismo como sistema así como los elementos necesarios para abordar el estudio de la actual etapa del capitalismo, explora algunas de las principales caracterizaciones y definiciones de la etapa actual, así como los elementos principales que la configuran; el segundo capítulo delimita el patrón productivo actual, explora una clasificación para su estudio y hace una análisis de mercado y participación económica basado en estadística descriptiva. El tercer capítulo hace una exploración histórica y tecnológica de la nanotecnología e intenta delimitar claramente los sectores principales en los que se ha desarrollado, así como las principales implicaciones sociales y el debate que alrededor de ellas se ha generado. Por último, el cuarto capítulo hace una exploración de los aspectos económicos y de planeación gubernamental alrededor de la nanotecnología, y explora los argumentos vertidos acerca de su potencial como nuevo patrón productivo. El trabajo termina con algunas conclusiones y posibles líneas de investigación que se abren a partir de los resultados.

Capítulo 1

Elementos teóricos e históricos del capitalismo actual

El analizar un patrón productivo implica ubicarse en una época histórica determinada. En este sentido se pretende analizar el patrón productivo actual, lo que hace necesario explorar el capitalismo actual para extraer los elementos fundamentales que configuran dicho patrón. Para lograr esto se requiere analizar la conformación de sus elementos históricos, entender su dinámica y evolución y así comprender las características que irán guiando el estudio. En este capítulo, se exploran los principales elementos teóricos e históricos que fundan el estudio del desarrollo capitalista, los elementos analíticos que se consideran necesarios para entender la dinámica del sistema y los elementos necesarios para abordar su estudio. Se plantean algunas de las caracterizaciones del capitalismo actual y se desarrollan sus principales elementos.

1.1 Elementos del capitalismo industrial y etapas de desarrollo

El capitalismo es un sistema económico-social dinámico y complejo, “es un régimen social que organiza el conjunto de la sociedad a partir de su modo específico de producción y cambio, en una totalidad social que abarca al conjunto de las esferas de la vida social.” (Dabat, 1993: 113). A lo largo de su desarrollo ha presentado modificaciones a distintos niveles estructurales que le dan un carácter dinámico. Los impulsos de estas modificaciones se encuentran en el desarrollo de la productividad y la organización productiva, el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la búsqueda de ganancias, el desarrollo y ampliación de mercados, el aumento en el nivel de vida, las relaciones internacionales, etc. Su complejidad reside en la interacción de múltiples fuerzas sociales que potencializan, limitan, modifican, refuerzan o crean rumbos y tendencias de desarrollo.

El modo de producción específicamente capitalista¹ (Marx, 1985) se ha desarrollado a partir del surgimiento de la gran industria moderna fruto de la revolución industrial. En este sentido, “el elemento definitorio del capitalismo como modo de producción es la manera en que se produce, producción en gran escala a partir de un sistema integrado de máquinas y equipos mecánicos movidos por energía inanimada, mediante la utilización de trabajo asalariado con amplia división del trabajo y el empleo de la ciencia y la innovación

1 Hacemos esta precisión para diferenciar de las etapas precapitalista y el capitalismo mercantil.

tecnológica.” (Dabat 2009a)

Sin embargo, La producción específicamente capitalista basada en la gran industria no se ha desarrollado de forma continua y lineal, sino que lo ha hecho a saltos o revoluciones en los medios de producción² y las relaciones sociales. Así, el capitalismo se ha desarrollado en etapas, generando formas de desarrollo económico particulares u oleadas de desarrollo en el sentido de Pérez (2004), las cuales están determinadas por varios factores como son el cambio o revolución en los medios de producción -las llamadas revoluciones tecnológicas-, el tamaño de los mercados, la productividad del trabajo, las diversas formas del Estado, el nivel de inversiones, etc.

Las etapas son “formas históricas estructurales de desarrollo del capitalismo [...], que expresan sucesivos niveles acumulativos de extensión, complejización y articulación global de sus componentes básicos (fuerzas productivas, relaciones de producción, esferas diferenciadas de la vida social y superestructura institucional) y dan lugar a modalidades específicas de reproducción y contradicción social” (Dabat, 1993: 163). Los elementos estructurales de la organización social del capitalismo sobre los que se articulan las etapas del capitalismo pueden caracterizarse como: a) el núcleo productivo central de la organización industrial o patrón industrial (este es el concepto clave en el desarrollo de la presente tesis), o sea, el nivel de extensión, profundización y articulación de los principios técnicos, organizacionales y de vinculación entre producción, naturaleza, ciencia y educación; b) la estructura y dinámica del capital, que es el nivel de desarrollo y estructuración del capital, se traduce en modalidades y tendencias específicas de funcionamiento (condiciones específicas de valorización y patrones de acumulación y reproducción global); c) la sociedad civil y los patrones culturales, es decir, la matriz social básica, y d) las formas históricas de estado y la superestructura institucional. (Dabat, 1993)

Los elementos configurativos básicos de las etapas del desarrollo del capitalismo son:

l) el nivel y modalidad alcanzado por el capitalismo en los países avanzados, es decir, las

2 Marx ya ve esta tendencia de la producción capitalista, sin embargo la considera como resultado de la saturación de mercados y la demanda de materias primas que era creciente en el momento histórico que el análisis. “Pero no bien el régimen fabril ha conquistado cierta amplitud de existencia y determinado grado de madurez;..., se establecen las condiciones generales de producción correspondientes a la gran industria, este modo de producción adquiere una elasticidad, una capacidad de expansión súbita y a saltos que solo encuentra barreras en la materia prima y en el mercado donde coloca sus productos” Marx, (1985), pp. 549

tendencias que los países avanzados imponen sobre la organización de la producción a nivel mundial, las formas y modalidades de comercio internacional, las formas de desarrollo internacional, el patrón de acumulación, y las formas de desarrollo nacional. Estos elementos tienden a ser el modelo a seguir por los países menos avanzados, ya sea por adopción propia o por presiones internacionales (condiciones de crédito, ubicación en la estructura productiva internacional, etc.); II) La estructura de la competencia internacional, es decir las modalidades de competencia entre industrias, entre Estados y aun entre ambos; III) La extensión del capitalismo y la industrialización a nivel mundial, esto es la extensión y profundización del capitalismo en los países menos desarrollados o la integración de países al capitalismo (extensión y profundización de los espacios de valorización del capital); IV) El sistema de Estados, el poder mundial y las relaciones internacionales, es la forma de organización de los Estados (tratados y acuerdos internacionales, organizaciones internacionales, etc) y el espacio de lucha de fuerzas entre los países hegemónicos y los subordinados. (militar, económica, cultural, institucional). (Dabat 1993)

Las etapas, tienen elementos dinámicos distintos, sin embargo, desde el punto de vista de la producción hay cambios en la organización del trabajo y en las industrias y sectores líderes. Qué elementos determinan el cambio y la dirección, pueden ser varios, entre los principales están las formas de valoración del capital, las revoluciones tecnológicas, los cambios en la organización del trabajo y a estructuración espacial del capital y la producción, estos elementos serán los que nos guíen en la caracterización del patrón productivo. Los elementos generales posibilitan una periodización histórica de diversas etapas del capitalismo global. Siguiendo el planteamiento de Dabat (1993) se pueden establecer cinco etapas.

Cuadro 1. Etapas históricas del desarrollo capitalista

Etapas³	Característica principal	Patrón productivo	Líderes
1a Capitalismo fabril 1780 a 1830	Capitalismo fabril a pequeña escala en un contexto agrario dominante impulsada por la revolución industrial. Dominio de los terratenientes en un marco socioinstitucional precapitalista	Telar e industria textil, agricultura	Inglaterra
2a capitalismo	se estructuró en torno a un capitalismo industrial,	Máquina de vapor,	Inglaterra

3 Las fechas de las etapas son aproximaciones

industrial desarrollado en condiciones premonopolísticas, 1830 a 1880	comandado por la hegemonía mundial de Inglaterra sobre una serie de países capitalistas en el sentido formal y áreas periféricas agroexportadoras, conformando una nueva división internacional del trabajo. Ampliación del mercado nacional -en torno a ciudades- y del mercado mundial	transportes (ferrocarril y transporte marítimo)	
3a capitalismo monopolista-financiero clásico 1880 a 1935	Se estructuró a partir de la monopolización de capitales a partir de la segunda revolución industrial basada en las industrias pesadas que pasan a formar el eje de la industrialización. Estas condiciones dieron lugar a la formación de las grandes empresas monopólicas vinculadas al capital financiero y la organización de cárteles industriales. Esta etapa se estructura y difunde a partir del llamado imperialismo clásico y el segundo sistema colonial. Esta etapa da lugar a un sistema de estados inestable que conduce a la primera guerra mundial, la revolución rusa, la desarticulación del mercado mundial y al desarrollo del nacionalismo del tercer mundo.	Industrias pesadas como el acero, la química, la electricidad	Alemania, Estados Unidos
4o capitalismo oligopólico estatal, 1935 a 1980	Se articuló bajo las condiciones del periodo de entre guerras. Esta etapa es la reunificación capitalista en torno al capitalismo corporativo-tecnocrático. Surge una nueva modalidad internacional de poder basada en el orden bipolar de posguerra, la organización internacional en torno a instituciones internacionales, la empresa multinacional y la inversión extranjera directa. Esto permite el surgimiento de nuevas potencias industriales como Japón y Alemania y acelera la industrialización en países periféricos.	Industrias automotriz, de consumo duradero y el desarrollo de una amplia infraestructura de servicios caracterizado por la producción a gran escala y en serie (el llamado fordismo).	Estados Unidos.
5a capitalismo informático-global 1980-actual	Estructurada en torno a la mundialización de la producción o la llamada globalización, el surgimiento de la empresa tipo red y la base tecnológica fundada en la industria electrónica y la computación que establece una nueva división internacional del trabajo. Este periodo de caracteriza por el asenso de nuevas potencias industriales como los tigres asiáticos, China y la India. Sin embargo, ésta es la etapa que inicia a partir de finales de los 70's y se desarrolla actualmente, por lo cual sus características definitorias están en proceso de conformación.	Industria electrónica y la computación, el Internet y las telecomunicaciones. Nueva Organización del trabajo dentro de las empresas e industrias tipo flexible	Estados Unidos, Japón, China

Fuente: Elaboración propia basado en Dabat, 1993 y Pérez 2004

1.2 Caracterizaciones teóricas del capitalismo actual

Es difícil ponerle fecha de inicio o culminación a las etapas del capitalismo, sin embargo se tienen aproximaciones. En este sentido, la etapa actual del capitalismo inicia a finales de los años 70`s como respuesta a la crisis de la anterior etapa oligopólico-estatal. Esta crisis se caracterizó por el agotamiento y la posterior reestructuración capitalista de los años 80`s determinada por el agotamiento del régimen fordista de producción y el patrón industrial metalmeccánico y petroquímico, así como por la caída de la rentabilidad (Fajnzylber, 1983). Este es el marco inicial del que parten las principales caracterizaciones del capitalismo actual.

Entre las principales teorías que han caracterizado al capitalismo actual se encuentran aquellas que lo conciben como una sociedad red, o una economía del conocimiento, o como un capitalismo distinto llamado capitalismo cognitivo o como una nueva etapa de desarrollo llamado capitalismo informático-global⁴.

La “sociedad red”, es la propuesta que realiza Castells, y se refiere a la organización de la sociedad en torno a redes y nodos. Basándose en la emergencia del Internet como fruto de las tecnologías de la información y la globalización, y articulador de la sociedad, propone “como tendencia histórica, las funciones y los procesos dominantes de la era de la información cada vez se organizan más en en torno a redes.”⁵ Esta nueva organización social implica un flujo constante, tanto de información, capital, dinero, personas, etc, que se estructuran en nodos y que se relacionan entre ellas. A partir de la revolución de las tecnologías de la información y la reestructuración capitalista, Castells propone un cambio histórico que da lugar a un nuevo capitalismo, al cual identifica como capitalismo informacional y global. Informacional por depender de la capacidad para generar, procesar y aplicar la información basada en el conocimiento, y global por ejercerse por medio de una red global de interacciones (Castells 1999).

La propuesta interpretativa de Castells ha tenido bastante recepción por parte de comunidades académicas y político-sociales, sin embargo, Castells se orienta sobre un

4 Consideramos estas propuestas teóricas por considerar que son o las más aceptadas, polémicas o más estructuradas para entender el capitalismo contemporáneo. Sin embargo existen otras propuestas no menos importantes, un mapeo de estas propuestas se encuentra en Rodríguez, 2009

5 Castells, (1999), pp 505

estudio sociológico que le lleva a la tesis que la industria está siendo desplazada por los servicios, lo cual es en cierta medida cierto si lo vemos a través de la metodología convencional de tres grandes sectores económicos (agrícola, industrial y servicios), sin embargo, los servicios que se han desarrollado y en los que se basa el actual aumento de la productividad, están directamente relacionados con la producción y caen dentro del ámbito de lo industrial ya sea como servicios directos o como complementos de la producción y de la industria.

La “economía del conocimiento” es una propuesta que también ha tenido una acogida amplia por parte de los organismos internacionales. Se refiere a la gestación de una nueva forma de producción basada en el conocimiento y las ideas como activos principales. Se basa en el incremento acelerado de las tecnologías de la información y las comunicaciones en procesos económicos y sociales. Bajo esta concepción, autores como Stiglitz (2003) argumenta el paso de una economía industrial a una economía de servicios; Autores como David y Foray (2002), Castells (1999) y Finquelievich (2004), propone una vinculación dinámica entre ciudadanos, empresas y gobiernos, y le otorgan un papel principal al sector científico y tecnológico y las comunidades de conocimiento.

A partir de la emergencia de la economía del conocimiento se observan cambios en la productividad, comunicación en tiempo real y el trabajo en red. Este tipo de economía genera una serie de reglas que son: la toma de decisiones empresariales basadas en stocks de conocimiento, la educación como forma fundamental de desarrollo, la generación de un nuevo tipo de trabajador basado en la gestión y creación de conocimiento, la generación de nuevos patrones de consumo y organización social basada en redes innovadoras y la capacidad de innovación como activo de empresas y trabajadores. (Finquelievich, 2004).

Sin embargo, la caracterización de economía del conocimiento ha girado más en la órbita del “*deber ser*” estructurando sobre ella un discurso encaminado a implementar políticas públicas y de desarrollo para los países. En este sentido ha generado avances importantes como el de colocar dentro de la discusión internacional el papel de la educación, las instituciones nacionales en la generación de conocimiento y la generación de infraestructura vinculada a las tecnologías de la información como premisas de desarrollo, entre otros. Sin embargo, es un concepto inacabado que permite la introducción al análisis de la etapa actual del capitalismo, pero es insuficiente para abordar un estudio sobre las

condicionantes y el cambio estructural que se encuentra en el fondo de los procesos actuales.

El “capitalismo cognoscitivo” es una propuesta realizada por una serie de autores vinculados a la tradición del regulacionismo francés⁶. Bajo esta orientación, observan un cambio histórico mundial comparado con la revolución industrial. Proponen que se ha entrado en un nuevo capitalismo distinto al capitalismo industrial, caracterizado por una nueva forma de valorización de capital, nuevas formas de propiedad y nuevas formas de los bienes.

Parten del análisis histórico de la existencia de un *modo de producción* (capitalismo) que se desarrolló de forma no lineal y que ha dado lugar a diferentes *tipos de desarrollo* (mercantil, comercial, industrial) dentro de los cuales se generan distintos *modos de desarrollo* (en el caso del capitalismo industrial corresponderían al artesanal, al de libre competencia, al fordismo) los cuales a su vez son la conjunción de un *régimen de acumulación*⁷ y un *modo de regulación*⁸ (Dieuaide, Paulre y Vercellone, 2007)

En este sentido, el capitalismo actual es un nuevo tipo de desarrollo⁹, al cual denominan capitalismo cognoscitivo. Esta propuesta se basa en que el conocimiento es la fuerza productiva dominante, y el trabajo cognitivo su fundamento, este tipo de trabajo es de carácter social y general, ya que una de sus premisas para desarrollarse es la socialización e interconexión del mismo, o sea, la creación de un *general intellect* (Rodríguez y Sánchez, 2004). Este tipo de trabajo crea un nuevo tipo de bienes inmateriales, los cuales están dominados por una lógica de rendimientos crecientes que hacen cada vez más complicado la apropiación privada de los mismos (Moulier 2004) y una forma de valorización distinta al del trabajo industrial.

6 Entre los que destacan Boyer, Mouliere Boutang, Lazarato, Aglieta, entre otros.

7 Caracterizado como el “conjunto de regularidades que garantizan una progresión general y relativamente coherente de la acumulación de capital” (Dieuaide, et al, 2007, pp72)

8 “conjunto de procedimientos y comportamientos individuales y colectivos, que tienen la triple propiedad de: a) reproducir la formación social fundamental, b) apoyar y controlar el régimen de acumulación en vigor y c) garantizar la compatibilidad dinámica de un conjunto de decisiones descentralizadas sin que sea necesario que los agentes interioricen los principios de ajuste del sistema” Boyer 1986, pp54 (tomado de Dieuaide, et al, 2007, pp73)

9 “se trata de esbozar una *transición al interior* del capitalismo, como la que señalaron el paso del capitalismo mercantil esclavista y absolutista al capitalismo industrial asalariado y “*democrático*” cursivas del autor (Moulier 2004)

En palabras de uno de los autores “nuestra hipótesis es que la crisis actual del desarrollo debe ser cotejada con la crisis del capitalismo industrial y con la transición hacia lo que podemos calificar como capitalismo cognitivo. Por este concepto se designa el desarrollo de una economía basada en la difusión del saber y en la que la producción del conocimiento pasa a ser la principal apuesta de valorización del capital.” (Vercellone, 2004, pp. 66)

Sin embargo, esta propuesta deja de lado un hecho fundamental en el desarrollo del actual capitalismo: los instrumentos y herramientas materiales (medios de producción) que han posibilitado el desarrollo del conocimiento como principal fuente de valorización. Esto es relevante en el caso del desarrollo de la nanotecnología, la cual, a diferencia del software (por ejemplo), requiere de fuertes inversiones en equipos e instrumentos especializados, lo que la liga fuertemente a su aspecto material, así mismo, su producto resultante son materiales con características especiales, lo que valoriza el material en si. Sin embargo es un avance valioso en la caracterización del capitalismo actual, ya que inserta aspectos claves en la orientación del análisis, buscando el fundamento en la dinámica misma del capitalismo y las tendencias inherentes a él.

Por último, exploramos la propuesta hecha por Dabat y Rivera, sobre un “capitalismo informático-global”. Estos autores basan su análisis en dos factores que consideran característicos de la etapa actual del capitalismo resultantes del desarrollo histórico del sistema, por un lado la nueva estructura espacial del capitalismo caracterizada por la globalización, y por otro el desarrollo una serie de fuerzas productivas y medios de producción que han posibilitado una nueva forma de valorización basada en el conocimiento y la información.

La globalización es el resultado de una reestructuración mundial económica y socioinstitucional, que implicó el fin del orden bipolar de posguerra, la desaparición de estados corporativistas de tercer mundo, así como movimientos separatistas y de regionalización. Estos procesos se complementaron con movimientos sociales de carácter mundial, como las organizaciones ecologistas y altermundistas, el ascenso político de minorías étnicas y generacionales, entre otros. A su vez, la producción mundial a sufrido transformaciones en las que el elemento espacial es fundamental, como la producción en cadenas globales, la deslocalización/relocalización de la producción y la división internacional e interindustrial del trabajo, etc. Estos procesos se han visto reflejados en la reconfiguración

mundial del poder y la producción. (Dabat 2002).

Aunado a esto se ha configurado una estructura económica y productiva basada en la valorización del conocimiento y la información. Para esto se hacen necesarios la gestión y creación de conocimiento así como la gestión administración y transmisión de la información. Esto se ha logrado por medio del desarrollo de nuevas fuerzas productivas basadas en la microelectrónica, la computación y las telecomunicaciones, lo que a su vez dio paso a la configuración de un nuevo patrón productivo basado en las industrias de los semiconductores, la computación y el software. El análisis se inscribe dentro de la tesis de una nueva etapa de desarrollo capitalista industrial, ya que pone en primer plano el aspecto material de la producción capitalista, es decir las fuerzas productivas actuales. Éste es el enfoque que se adopta en esta investigación, ya que posibilita la explicación de nuevas tecnologías como resultantes de los límites que presenta la producción actualmente.

1.3 Principales elementos configurativos de la etapa actual del capitalismo

Si bien es cierto que a la etapa actual se le ha denominado de distintas maneras¹⁰, las diferentes interpretaciones han girado entorno a una serie de elementos comunes, los cuales son: a) una nueva tecnología desarrollada en torno a la computadora y la microelectrónica, b) una nueva forma de configuración espacial del capitalismo, c) una nueva forma de organización y división del trabajo y d) una nueva forma de valorización basada en el conocimiento y la información. Estos elementos se entrelazan de forma compleja y complementaria y han sido jerarquizados de forma distinta, dependiendo la orientación teórica. Para los fines de esta investigación, se pretende encontrar dentro de estos elementos las características que han configurado el patrón productivo actual. A continuación se hace una revisión de estos elementos comunes.

1.3.1 Estructura tecnológica actual: la Revolución informática

La revolución informática es el fundamento material de esta nueva etapa del capitalismo. Dicha revolución fue el resultado del despliegue de la tecnología basada en el transistor conocida como revolución microelectrónica. Sin embargo, lo que le da un carácter

¹⁰ Capitalismo cognitivo, Economía del conocimiento, sociedad del conocimiento, capitalismo postindustrial, entre otras (Rodríguez Vargas, 2006)

cualitativamente distinto en la economía y la sociedad fue la difusión generalizada de la microelectrónica (sobre todo el microprocesador) en el conjunto de las actividades económicas y sociales. (Dabat y Rivera 2004) y la introducción de la computadora como la máquina herramienta característica.

El patrón industrial anterior, basado en la industria metalmecánica y la cadena de montaje, presentó dos limitaciones fundamentales. Por un lado, la separación entre actividades de la producción (diseño, manufactura y coordinación) generó problemas de comunicación, por lo que se requirió una gran cantidad de personal que supliera este problema (Rivera 2006), por otro lado, la cadena de montaje no permitía la producción diversificada, era una producción rígida en relación a las características de los productos. Pero la búsqueda de mayores rendimientos llevó a la disminución de costos vía supresión de tareas intermedias (y de trabajadores) y la diversificación de los patrones de consumo exigía una producción flexible, en el sentido de diversificación de los productos (colores, tamaños, formas, etc.) y los procesos.

El desarrollo del transistor, los microprocesadores y la computadora (software y hardware) superaron tecnológicamente estas limitantes. Por un lado el transistor permitió el desarrollo de comunicación por vía de señales o pulsos electrónicos; los microprocesadores, integrados por una cantidad creciente de transistores, permitieron el desarrollo de múltiples señales electrónicas para dar un conjunto de instrucciones al mismo tiempo, y la computadora permitió la interacción del ser humano con las máquinas, por medio de máquinas que contenían la capacidad de traducir y procesar la señales como información o lenguaje electrónico (hardware) y una interfaz con el usuario que permitía la generación de instrucciones en un lenguaje humano y transformarlo en un lenguaje electrónico (software)¹¹. Sin embargo, estos elementos tecnológicos se enmarcan en un contexto histórico e institucional que determinó en gran medida su desarrollo y que se pueden enmarcar en tres procesos fundamentales: la tecnología de guerra (durante la segunda guerra mundial), la revolución microelectrónica y la revolución informática. Así, durante la segunda guerra se

11 Para el efecto de lenguaje electrónico - lenguaje humano, el procesamiento de las señales electrónicas se traducen en un código binario que puede ser leído por el ser humano. Por medio de la generación de instrucciones en códigos de 1 y 0, los procesadores convierten estos números en pulsos electrónicos de abierto y vacío como un switch, a su vez, la retroalimentación con el ser humano es una serie lógica de instrucciones basadas en si (1) y no (0).

diseñaron los primeros sistemas computacionales, enfocados a la generación y el deciframiento de los códigos enemigos (el modelo Enigma alemán y el modelo Colossus de Gran Bretaña en 1943)) y las pruebas de balística y armamento (el modelo ENIAC de Estados Unidos en 1946). Éstas fueron el fundamento para el desarrollo de las orientaciones tecnológicas a desarrollarse ya que presentaban una serie de problemas tecnológicos como el uso de instrumentos mecánicos y el alto consumo de energía y espacio. Durante la búsqueda de soluciones se desarrolló el transistor¹², el cual permitió la sustitución de las válvulas que consumían mucha energía y eran muy frágiles¹³, también eran altamente ineficientes en relación a la energía utilizada con respecto a la dispersada en forma de calor y usaban mucho espacio. El transistor dio inicio al desarrollo de la revolución microelectrónica, sobre todo cuando se empezaron a producir con silicio y por medio de la técnica planar¹⁴ y dio como resultado lo que conocemos como la industria del semiconductor (Forester, 1992), después, se dio el siguiente paso en la revolución microelectrónica con la invención del circuito integrado. Éste implicó que aquellos circuitos completos que tenían muchos transistores podían ser integrados en un solo chip de silicio. Esto fomentó el desarrollo de chips más complejos ya que el costo de hacer chips más complejos por medio de la técnica planar es sólo un poco más que hacer un chip sencillo, lo que a su vez favoreció una creciente disminución del precio en relación a las funciones (Forester, 1992).

12 Son interruptores y amplificadores de pulsos eléctricos que modulan y regulan la cantidad de energía o corriente que sale de ellos.

13 Las válvulas o bulbos son dispositivos electrónicos en forma de focos que utilizan un filamento como conductor de electricidad y son producidas dentro de una esfera de vidrio al vacío, esto las hace altamente frágiles a golpes y movimientos así como a la dispersión de energía por medio del calentamiento, un dato curioso es que necesitaban un tiempo de calentamiento antes de funcionar.

14 Esta técnica “consta de tres procesos, el primero se oxida una pastilla o wafer de silicio que luego se cubre con un material fotosensible, un fotorresistor. El segundo, se fotografía un patrón sobre la capa fotorresistente; el patrón se vuelve vulnerable a ciertos productos químicos cuando se expone a la luz. El patrón fotografiado se graba a través de esa capa fotorresistente y el óxido que esta debajo. Tercero, se lava la capa fotorresistente y se deja que las impurezas se se difundan en las partes expuestas del wafer, mientras el resto queda protegido por la capa de óxido restante. El proceso puede repetirse y pueden construirse intrincados patrones de capas conductoras.” (Forester, 1992. pp 35)

Cuadro 2. Costo de producir un millón de transistores, Varios años

Año	Costo (Euros)
1973	76 000
1977	6 000
1981	450
1984	120
1987	30
1990	4.5
1995	0.46
2000	0.06
2005	0.004

Fuente: Picquart, 2009

Sin embargo, estos tipos de chips sólo podían desempeñar tareas limitadas por lo que se les tenía que dar instrucciones estrictas sobre qué hacer. Esta limitante tecnológica fue superada con la aparición del microprocesador, el cual, a su vez, sólo fue posible por los adelantos en la producción de chips. “Un microprocesador no sólo reacciona de una manera fija y preprogramada como un circuito integrado, sino que su lógica o respuesta puede ser alterada. Esto constituyó un tremendo logro porque al añadir dos chips de memoria -uno para introducir y recuperar datos del CPU, el otro para proporcionar el programa para operar el CPU-tenía ahora en sus manos una computadora rudimentaria de uso general” (Forester, 1992. pp,36). La aparición de la computadora de uso general impulsó el desarrollo de lenguajes de programación y el desarrollo de la industria del software con aplicaciones que han llegado a abarcar al conjunto de las actividades sociales. El desarrollo de estos dos procesos, estuvo altamente ligado al sector militar y sus programas tecnológicos y a los centros de investigación y las universidades. Esta característica impidió su difusión a otras esferas productivas y su introducción en la sociedad, aunado a esto, el patrón tecnológico productivo basado en la industria metalmecánica-automotriz seguía operando a plenitud y no daba señales de agotamiento.

La aparición del microprocesador dio lugar a lo que Castells llamó “la revolución dentro de la revolución” sin embargo, la revolución informática es un proceso más amplio que el sólo referido al progreso tecnológico, pues implica transformaciones sociales, económicas e

históricas como la convergencia de un conjunto variado de innovaciones tecnológicas de distinto origen, con la aparición de nuevas ramas productivas y el revolucionamiento de las ya existentes, la transformación de los procesos productivos, la organización industrial, de empresa y de los procesos de trabajo (Dabat y Rivera, 2004), así como un marco político e ideológico que favoreció la desregulación financiera y productiva a nivel mundial. Es decir, la revolución informática es un proceso de transformación tecnoeconómico y socioinstitucional de amplio alcance que se inicia a partir de la crisis de finales de los 70's.

La revolución informática se estructuró en tres ejes tecnoeconómicos. El primero de estos fue la incursión de la computadora personal y la transformación de la industria de la computación la cual pasó de ser una industria integrada verticalmente y centralizada a una integrada horizontalmente y desagregada. Este proceso fue posibilitado por el desarrollo del microprocesador y la diversificación de la producción. Se pasó de una industria dominada por unas cuantas empresas que producían casi todos los componentes y los procesos a una industria basada en estándares de producción basados en sectores y subsectores (semiconductores, software, ensamble, etc.)(Dabat y Ordóñez, 2009a). Este proceso fue esencial, sobre todo en los setentas en donde se dio la pugna entre dos modelos de computadores personales, uno basado en el modelo Apple el cual estaba estructurado de forma vertical y otro basado en el modelo IBM basado en la producción horizontal. El modelo Apple tenía ventajas tecnológicas sobre el modelo IBM, sin embargo, la descentralización de la producción de componentes, sobre todo su ubicación en Asia, llevó a que este modelo fuera copiado y difundido ampliamente por empresas que iniciaron como maquiladoras de componentes para convertirse en productoras de diseño y marca propia. A su vez, fomentó la creación de una serie de componentes periféricos independientes del diseño original, cosa que en Apple no ocurrió¹⁵. (Forester, 1992). Así, este proceso favoreció la producción de computadores a bajo costo y la producción a escala, lo cual reforzó ambas tendencias para convertirse en el eje articulador de la industria de la computación.

El segundo eje se refiere a la industria de las telecomunicaciones (Dabat y Rivera 2004), la cual fue reestructurada a partir de la desregulación del mercado norteamericano de

15 Hasta ahora, Apple sigue desarrollando periféricos y software propios, lo cual a creado incompatibilidades entre la computadora personal PC y las llamadas macbook, aunque actualmente hay una tendencia hacia la adopción por parte de Apple a los desarrollo externos a la compañía

comunicaciones y los procesos legales en contra de la empresa dominante AT&T¹⁶. Este hecho diversificó la competencia y la producción de servicios, lo que generó la transformación del sector y la innovación tecnológica. En este sentido, la introducción de la comunicación satelital y la introducción de la fibra óptica fueron sus consecuencias. Se dio paso a la telefonía electrónica sin cables y la transferencia de voz, datos y señales multimedia como video y televisión que en conjunción con los adelantos en semiconductores y comunicación generaron la llamada industria del procesamiento de la información (Forester, 1992). Un paso trascendental ha sido la transformación de las transmisiones análogas por las transmisiones digitales, es decir, se ha transformado la transmisión de la información por medio de ondas de radio a transmisión de señales electrónicas, esto es lo que ha permitido la convergencia digital de las telecomunicaciones con la computadora a través de dispositivos electrónicos como el MODEM y los conmutadores o rutieres. Aunado a esto, la conexión entre computadoras fue posibilitado por esta convergencia y la infraestructura que se ha instalado (fibra óptica, conmutadores) y por la generación de un lenguaje común entre dispositivos, así, el desarrollo del protocolo de comunicación permitió el desarrollo de redes locales de comunicación¹⁷(LAN) y la espectacular red mundial de comunicación plasmada en el Internet.

El tercer eje es el de la aplicación del microprocesador y los semiconductores a una cantidad creciente de productos y procesos no computacionales y productivos (Dabat y Rivera 2004). Los límites y problemáticas que enfrentaba la producción basada en el patrón tecnológico y productivo fordista requirió de la búsqueda de soluciones en distintas áreas, por un lado fueron las organizacionales, por otro las financieras especulativas y por otro las tecnológicas, sin embargo, estas áreas convergieron para transformar al conjunto de la sociedad. Visto el proceso desde la tecnología, la creciente disminución del costo de los semiconductores, su mayor complejidad y eficiencia y la generación de computadoras de uso general, así como la convergencia digital, la creación de redes y el Internet, permitieron la

16 Dichos procesos legales se explican por el proceso de convergencia digital entre la computación y las comunicaciones, así, la AT&T se veía obligada a entrar al campo de la computación y las empresas de computación querían ingresar al campo de las comunicaciones (Forester, 1992)

17 Son básicamente cables de alta velocidad que enlazan computadoras y servidores (mainframe) dentro de un espacio acotado (edificios, oficinas, casas, etc.) y que permiten se compartan información, accesorios periféricos y servicios, como son las impresoras, discos duros, software, entre otros.

transformación de la producción por medio de los equipos de control numérico y los sistemas CAD/CAM¹⁸, así como el software a medida o por objetivos. Dicha transformación se vio reflejada en la flexibilización y reprogramación de los procesos productivos y las maquinarias instaladas, esto permitió una diversificación en las características de los productos y los procesos de producción sin la necesidad de inversión en nuevas plantas o maquinaria (refuncionalización de la maquinaria), primero en los sectores automotriz y químico de flujo continuo y luego se difundió rápidamente a otros sectores. Por otro lado, el sistema bancario financiero fue transformado a partir de la creciente velocidad de transferencia de recursos¹⁹, los sistemas automatizados de banca (como los cajeros automáticos y las terminales de venta) y el desarrollo de lo que a la postre sería uno de los principales elementos que llevaría a la crisis internacional de 2008, la generación de las llamadas innovaciones financieras basadas en la ingeniería financiera y el uso de software especializado (Dabat, 2009b).

Dentro de estos procesos tecnológicos se ha desarrollado, paralelamente, un proceso acelerado de miniaturización y de mayor capacidad de procesar y almacenar información (la llamada ley de Moore²⁰ y la ley de Kryder²¹), esto es fundamental ya que esta tecnología presenta rendimientos crecientes más que proporcionales a escala en relación a la capacidad de información-precio y tamaño-precio, lo que la ha hecho muy atractiva con su vertiginoso desarrollo.²² Sin embargo, este desarrollo empezó a presentar limitaciones técnicas y de costos, la miniaturización tendió a agotarse con el uso de los materiales empleados tradicionalmente (silicio, cobre, oro) y la inversión en plantas productivas ha aumentado proporcionalmente, por lo que el desarrollo de nuevas tecnologías (la

18 Los sistemas CAD/CAM permiten la generación de procesos y productos por medio de la computadora y hacer pruebas sobre rendimiento, producción y fallas antes de tener el prototipo del producto.

19 Fenómeno que llevo a muchos autores (Saxe Fernandez, Vilas, Amin, etc.) a caracterizar el capitalismo actual como capitalismo financiero.

20 La ley de Moore es una observación empírica que predice que la capacidad de los microprocesadores se duplica cada 18 meses, cosa que se ha cumplido hasta ahora.

21 La ley de Kryder es otra observación empírica que predice que la densidad/capacidad de almacenamiento de los discos duros se duplica cada doce meses y los precios se mantienen

22 Según Foster “si las industrias del automóvil y de los aviones se hubieran desarrollado como la de las computadoras, un Rolls Royce costaría unos 2.75 dólares y recorrería casi cinco millones de kilómetros con unos cinco litros de gasolina, y un Boeing 767 costaría sólo 500 dólares y le daría la vuelta al mundo en 20 minutos con 25 litros de combustible” (1992: 33)

nanotecnología, la biotecnología, la computación genética, etc) se ha hecho fundamental para superar estas barreras y potenciar el desarrollo del sector.

Cuadro 3. Evolución de los procesadores en tamaño y complejización.

Nombre	Fecha	# de Transistores	Microns	Velocidad de Reloj	Tamaño de Dato	MIPS
4004	1971	2,300	10	108 KHz	4 bits	0.06
8080	1974	6,000	6	2 MHz	8 bits	0.64
8088	1979	29,000	3	5 MHz	16 bits 8-bit bus	0.33
80286	1982	134,000	1.5	6 MHz	16 bits	1
80386	1985	275,000	1.5	16 MHz	32 bits	5
80486	1989	1,200,000	1	25 MHz	32 bits	20
Pentium	1993	3,100,000	0.8	60 MHz	32 bits 64-bit bus	100
Pentium II	1997	7,500,000	0.35	233 MHz	32 bits 64-bit bus	~300
Pentium III	1999	9,500,000	0.25	450 MHz	32 bits 64-bit bus	~510
Pentium 4	2000	42,000,000	0.18	1.5 GHz	32 bits 64-bit bus	~1,700
AMD64	2004	105,900,000	0.13	2.0Ghz a 3.0 Ghz	64 bits	~2,000 a ~3,000

Tabla Comparativa de Procesadores.

La fecha y el procesador son las que fueron introducidos para cada procesador

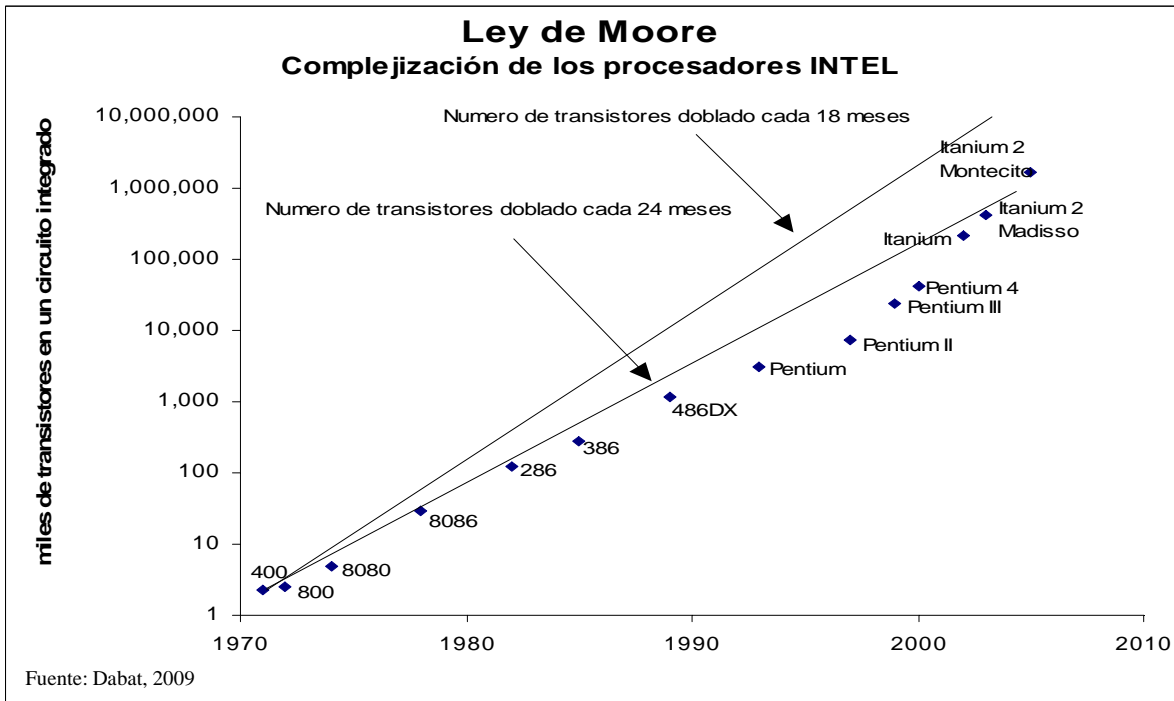
Micrones: Es la medida mas pequeña en un chip

MIPS: Millones de instrucciones por segundo.

Las operaciones por segundo varían de la velocidad del reloj teniendo que ver directamente con la arquitectura, mientras los más antiguos realizaban una instrucción por cada 15 ciclos de reloj, los mas modernos se acercan a una o dos por ciclo.

Fuente: Portal ISC, <http://www.portalisc.net/p.php?s=41>

Gráfica 1, Ley de Moore



1.3.2 Estructura espacial del capitalismo actual: la Globalización

La globalización es la “configuración espacial de la economía y la sociedad mundial resultante del desbordamiento de la capacidad normativa de los estados nacionales por la interdependencia de las nuevas relaciones comunicativas, económicas, ambientales sociales y culturales impuestas por la revolución informática, la unificación geopolítica del mundo y la reestructuración transnacional capitalista” (Dabat 2002:81). Las condiciones históricas bajo las que se dio este fenómeno son varias, las principales son: la crisis mundial capitalista de mediados de los años 70`s, el derrumbe del socialismo estatista y el consiguiente nuevo orden internacional que siguió al orden bipolar, y la emergencia de crisis sociales como la ecológica, la generacional, la sexual, la indígena, etc. (Dabat 2002, Dabat y Rivera 1993).

Esto dio paso a una serie de procesos viejos con nuevos que convergieron para dar paso a una nueva estructuración del capitalismo. Entre los viejos estaban la tecnología electrónica y las comunicaciones, la crisis ecológica (que había empezado desde los años 60`s pero se agudizó a partir de los 70`s), la estructura de la empresa transnacional y la división internacional del trabajo. Entre los nuevos se encontraron la reestructuración posfordista y de mercado, la desarticulación espacial de la producción (búsqueda de

menores costos relativos según la posición del proceso dentro de la cadena de producción), las redes de comunicación e Internet, la desaparición casi total del estatismo y el nacionalismo corporativo así como de los regímenes militares y autoritarios, el sistema financiero internacional, la integración mundial de la producción por medio de la apertura externa, la incorporación plena al mercado mundial de los países periféricos y la gran mayoría de los ex socialistas, y la reforma neoliberal a nivel mundial (Dabat, 2002).

Esta reestructuración tuvo dos dimensiones, una cuantitativa, como la extensión mundial del capitalismo a prácticamente todo el planeta, la expansión mundial de las redes de comunicación y transporte, el alcance de la empresa transnacional y la competencia entre naciones, los flujos financieros y monetarios a nivel mundial, la tendencia a la homogenización de la cultura, la sociedad y la política. Y otra dimensión cualitativa, marcada por el cambio estructural, basada en la revolución informática y de las comunicaciones, la reestructuración posfordista y del mercado del capitalismo y la completa unificación del mercado mundial (Dabat 2002: 44) Esta reconfiguración a modificado la estructura productiva, la infraestructura, la sociedad y el Estado, elementos centrales para entender la actual configuración del patrón productivo.

1.3.2.1 Estructura productiva y división internacional del trabajo, las cadenas globales de producción

En este sentido, se ha estructurado la producción a partir de la flexibilización y de la automatización de la producción, se han reestructurado prácticamente todas las áreas de la producción alrededor de los mecanismos de programación flexible potenciados por la computadora y la codificación de la información en lenguajes estandarizados y programas orientados a objetivos específicos. Este proceso ha dado pie a una nueva división internacional del trabajo reflejada en las llamadas cadenas globales de producción y una nueva forma de empresa transnacional.

Actualmente las empresas ya no buscan una producción de alto volumen, buscan una producción de alto valor (Gereffi, 2001), a partir de esta premisa, la organización de la producción se hace por medio de cadenas (redes) de valor en la que la empresa líder es la que articula un conjunto de empresas que van disminuyendo su participación en el valor agregado del producto final. Las cadenas productivas son “el amplio rango de actividades

involucradas en el diseño, producción y comercialización de un producto” (Gereffi, 2001:14), en este sentido, se presentan dos tipos de cadenas, las dirigidas por el productor y las dirigidas por el comprador. En las cadenas dirigidas por el productor los grandes fabricantes coordinan las redes de producción, generalmente son industrias de capital o intensivas en tecnología, se basan en la implementación de estándares y controles tecnológicos (rentas tecnológicas) y/o en la organización de la producción (rentas organizativas). Las cadenas dirigidas por el comprador están dominadas por los grandes detallistas, los fabricantes de marca y los comercializadores, generalmente se encuentran en industrias destinadas al consumo y con fuerza de trabajo intensiva en su producción (vestido, zapatos, juguetes, electrónica de consumo, etc.). Basan el proceso en el diseño y la comercialización del producto, pero no fabrican, marcan estándares de calidad a los fabricantes y distribuyen espacialmente de acuerdo a los nichos de mercado que dominan.

En ambas cadenas se da una diferenciación de las empresas a lo largo de la cadena de valor entre las de manufactura de equipo original (OEM por sus siglas en inglés), las de manufactura de diseño original (ODM por sus siglas en inglés) y los subcontratistas manufactureros, a su vez las empresas manufactureras contratan empresas de apoyo en asistencia técnica y servicios y generan vínculos con empresas locales. Este tipo de división internacional del trabajo ha generado una competencia entre países, tendiendo a insertarse en las cadenas en relación a sus condiciones estructurales (geografía, tamaño de mercado, capacitación y productividad de la mano de obra, educación y desarrollo de la ciencia y tecnología, etc) o ventajas competitivas, sin embargo, este tipo de inserción puede presentar procesos de aprendizaje tecnológico, y escalamiento dentro de las cadenas o generar empresas líderes y cadenas propias.

Esta forma de estructurar la producción ha favorecido una división internacional e interindustrial de la producción que se ve traducida en la estructuración de la empresa, sobre todo de las transnacionales. A partir de la crisis de la empresa transnacional clásica (Dabat y Ordóñez, 2009b) y la incursión de la revolución informática, la empresa ha sido reestructurada para dar lugar a empresas flexibles tipo red, también ha generado transformaciones en las empresas tradicionales de integración vertical bajo la forma de integración compleja. En general se estructura una nueva jerarquía basada en la posesión de propiedad intelectual y patentes para generar integraciones productivas descentralizadas

basadas en el tipo de trabajo requerido en cada una de las fases de la producción, lo que favorece la separación del trabajo de conocimiento del trabajo de ejecución; hay una nueva forma de capitalización basada en la emisión de bonos y la valorización especulativa de los fondos internos y un alcance global de la empresa y su producto; y por último hay una creciente inversión en departamento de investigación y desarrollo, así como una vinculación con el sector científico educativo²³ (Dabat y Ordóñez, 2009b). Esto ha favorecido fenómenos como la relocalización de la producción en países y regiones con diferenciales de precios en mano de obra y acceso a mercados, adopción de conocimientos locales y generación de patrones de consumo globales. Uno de los aspectos importantes vinculado a la relocalización es la dinámica de la inversión extranjera directa, la cual ha crecido a partir de los años 90's en los países de capitalismo emergente, sobre todo de Asia oriental, lo que ha favorecido procesos de aprendizaje tecnológico y el desarrollo de empresas transnacionales de esta región, así como la menor participación relativa de la inversión de Estados Unidos, creciendo la participación de la inversión de países europeos y de Japón, así como una mayor presencia de la inversión de los países emergentes (UNCTAD, 2008).

1.3.2.2 La infraestructura global

La conformación de la globalización ha requerido de una nueva infraestructura. Esta responde a dos necesidades fundamentales, la de transmisión de información y la de transporte de mercancías a nivel global. La primera se refiere a la infraestructura necesaria para generar las redes de comunicación y está básicamente integrada por fibra óptica, satélites y estaciones receptoras y difusoras de señales. La segunda hace referencia al tipo de transporte que se ha desarrollado en conjunto con la desarticulación de la producción y se estructura en torno a nodos de conexión de distintos tipos de transporte, lo que ha dado paso a la forma multimodal de transporte.

La infraestructura de la información está basada en la convergencia de la computadora con las telecomunicaciones, ésta convergencia ha llevado a la sustitución de la anterior línea telefónica de cobre por una nueva línea multimedia de fibra óptica. El proceso empieza por la generación de infraestructura tipo red en las empresas e instituciones, en

²³ El sector científico educativo comprende el conjunto de las actividades orientadas hacia la producción de conocimientos y la formación de recursos humanos, cualquiera que sea su esfera pública o privada. (Dabat, 2009a)

ellas la conexión de las computadoras con un servidor común hace que las comunicaciones al interior se generen de forma fluida y constante. Sin embargo, la información no fluye únicamente dentro de las instituciones, cada vez se conectan con espacios exteriores que requieren ser enlazados de alguna forma, así el modelo se generaliza. La comunicación exterior se basa en servidores (HUB) que mantienen y direccionan la información, un proveedor de servicios de comunicación que da acceso a la red y las terminales que crean y reciben contenidos.

Pero la infraestructura básica de las redes globales de comunicación está formada por la fibra óptica, que permite la convergencia de la comunicación de telefonía, el telégrafo y los servicios multimedia (televisión, radio). En este sentido, la fibra óptica permite la transmisión de voz, datos y multimedia por el mismo canal o conducto. La fibra óptica son diminutos hilos de cristal puro que transmiten pulsos luminosos conectados a codificadores (instrumentos que transforman la luz en pulsos electrónicos ya sea al principio o al final de la transmisión) (Forester, 1992). Esta tecnología se ha convertido en la columna vertebral del Internet, que junto a los servidores (HUB) y los proveedores de servicio crean los backbone. Es decir los nodos donde se distribuye y se almacena la información y en los cuales se basan las conexiones a Internet de prácticamente todo el mundo.

Aunada a la fibra óptica, se encuentra la comunicación vía satélite, la cual permite la comunicación a largas distancias (a diferencia de la fibra óptica que presenta limitaciones físicas para este tipo de comunicación). Se basa en dos estructuras tecnológicas básicas, una es el satélite propiamente, el cual se encuentra en el espacio a unos 36000 kilómetros por encima del ecuador, la otra son las antenas de recepción transmisión ubicadas en la superficie de la tierra (Forester, 1992). Este tipo de tecnología también permite la transmisión de voz, datos y multimedia, sin embargo presenta una limitación, su rendimiento está en función de condiciones no controlables de la naturaleza²⁴. Sin embargo su uso es el fundamento para la rápida explosión de las comunicaciones vía celular, y la posibilidad de conexión de una gran parte del mundo que no logra ser enlazado por la vía material.

Por otro lado, la estructuración de la producción por medio de cadenas de producción articuladas en espacios distintos y las formas de producción justo a tiempo y cero inventarios hace que la transportación de mercancías sea dinámica y fluida. Esta situación ha dado pie

24 Como el clima, montañas, bosques espesos, hasta interferencias electromagnéticas espaciales.

al desarrollo de una forma de transportar la mercancía por medio de contenedores²⁵ y un tipo de transporte multimodal, el cual está fundamentado por la integración de los distintos tipos de transporte para dar paso a corredores que integran una serie de cualidades físicas, tecnológicas y servicios como la informatización de las rutas y los sistemas de tiempos de llegada y salida, equipos informatizados de distribución (gruas, robots), el desarrollo de zonas de actividades logísticas, con terminales especializadas de contenedores, centros de consolidación de contenedores, formación de lotes, cruce de andén (cross dock) y plataformas de distribución, así como con los llamados recintos fiscalizados estratégicos que permiten la incorporación de valor agregado a lo largo del corredor (Martner, 2007). Este tipo de desarrollos son fundamentales ya que el contenedor permite la transportación de mercancías sin el *rompimiento del contenido*, en el sentido de no requerir la movilidad de la mercancías de un espacio a otro para ser transportada, esta cualidad de transportar por lotes ha favorecido el sistema de producción justo a tiempo, en el que los costos por tiempo son más importantes que los costos por transporte, al enlazar efectivamente las distintas formas de transporte (naval, carretero, aéreo, etc).

El tipo de transporte multimodal está relacionado directamente con el espacio de la producción ya que relaciona las distintas etapas de la producción a través de un corredor que puede ser regional nacional o global, esto pone de relieve las cualidades del espacio, no sólo las físicas, sino las institucionales y las sociales, al generar las condiciones necesarias para ser un corredor de paso o de producción o de ensamble (Martner, 2007).

1.3.2.3 La sociedad y el Estado en la globalización

Por otro lado, la modificación en la organización social y los patrones de consumo están ampliamente relacionados con la revolución informática y las comunicaciones. La posibilidad de conocer y vincularse a nivel mundial ha hecho que las personas busquen espacios de desarrollo dentro de redes internacionales, la proliferación de comunidades virtuales o la posibilidad de comunicar ideas, temas y problemáticas por medio de páginas personales o blogs, permite la articulación de necesidades y formas de organización social fuera de los espacios tradicionales. El consumo, cada vez más orientado a la individualización de las sociedades, es posibilitado por una serie de nuevos productos como los reproductores de

25 Cajas metálicas que transportan mercancías y son tratados como bloques integrales.

música y video personales así como la telefonía celular y la computadora portátil. La creciente conciencia sobre la salud personal y el medio ambiente también ha generado cambios relacionados al tipo de producto y el seguimiento de su producción, sobre todo en la nutrición, la salud y el cuidado personal. Esta posibilidad de obtención de información ha hecho que el conocimiento de los productos del sector (sobre todo de la computadora, el software y el Internet) sea corriente y accesible, sin embargo, los rezagos en infraestructura generan desacoples en la sociedad -como la brecha digital-. También existen los problemas tradicionales como la desnutrición que merma las capacidades intelectuales y las diferencias de ingreso que ahondan la brecha entre las clases que se acoplan al nuevo patrón productivo y las que tienden a la marginalidad y a reproducir los patrones tradicionales de subsistencia como la migración y la delincuencia y los procesos de degradación social como la creciente xenofobia y el fanatismo religioso.

Las funciones del Estado dentro de la globalización han estado ligadas a la descentralización de las funciones sociales y económicas. Ligados (en un primer momento) a la ideología del neoliberalismo, los gobiernos impulsaron políticas de privatización de empresas estatales, desregulación de sectores (financieros, telecomunicaciones, energéticos, etc.), la participación de la iniciativa privada en sectores sociales (la salud, la educación, los servicios públicos como luz, agua y seguridad), al igual que el impulso de políticas de desarrollo social basadas en la focalización de necesidades y el asistencialismo como forma de paliar las necesidades sociales. Pero en los últimos años, los gobiernos han impulsado mecanismos de mayor participación en el aspecto económico y social, adoptando políticas de protección a sectores estratégicos y a retomar las funciones sociales como la protección a sectores vulnerables y el fomento de protección al consumo.²⁶ Sobre todo, se han empezado a analizar los procesos de inserción exitosos de los países del sudeste asiático, como el fomento al desarrollo industrial y la participación y regulación del estado en la economía, de forma más activa en los países periféricos.

Otro factor importante es el que ha venido a jugar la reestructuración de los organismos internacionales, los cuales han sido superados por las nuevas necesidades internacionales y la configuración mundial del poder. El paso de un orden internacional

26 La experiencia de los subsidios a los productos agrícolas y la respuesta al aumento de los precios internacionales de los alimentos.

basado en el poder bipolar a uno multipolar ha generado una reconfiguración hegemónica en la cual Europa y Japón se han fortalecido, pero el ingreso de China e India como naciones económicamente exitosas ha generado la necesidad de una reorganización mundial. Los países de Sudamérica, sobre todo Brasil y Argentina, con políticas heterodoxas que, después de haber sido países “alineados” a los organismos internacionales (FMI, OMC), ahora experimentan políticas de acuerdo a sus especificidades nacionales (agrícolas, tecnológicas, etc.) e intentan dar un salto de calidad dentro de este nuevo orden mundial. La búsqueda de integración al mercado mundial ha hecho que los países del sur generen bloques de negociación para hacerle frente a las políticas tradicionales de los países desarrollados, el caso del bloque Brasil, Argentina, China e India, es un referente mundial (ya que son de los países que presentan mayor crecimiento económico e integración en el mercado mundial) alrededor del que se aglutinan países de la periferia, lo que les da un alto grado de negociación.

1.3.3 Formas de valorización actual, el conocimiento y la información

La actual etapa del capitalismo ha modificado las formas de valorización del trabajo dando un mayor peso al trabajo intelectual y al conocimiento. El desarrollo de la computadora y los procesos de flexibilización laboral han permitido el incremento de la participación del conocimiento en la producción. Por un lado, los procesos de trabajo enfocados a la producción en cantidades pequeñas de productos diferenciados por medio de grupos de operarios polivalentes (toyotismo) ha permitido el flujo de información y control de todos los operarios dentro del proceso, incentivando la creatividad y la innovación (Ordóñez, 2007) y el aumento de la productividad del trabajo. Por otro, en el ámbito del desarrollo de las computadoras, la división entre el hardware y el software permite el desarrollo de este último a un nivel social generalizado, por medio de comunidades (como el caso de Linux) y las universidades, o por medio de la inversión de empresas especializadas (Microsoft, Adobe Systems por ejemplo). En el caso del hardware el proceso de valorización requiere capital e infraestructura, por lo cual la valorización del conocimiento se da a nivel investigación y desarrollo. Internet a su vez permite la comunicación entre usuarios y productores por medio de software dinámicos y de bases de datos²⁷, de esta forma el consumidor marca las pautas de la innovación y el

27 Los software dinámicos se conocen como 2.0, por su parte, las comunidades virtuales almacenan

desarrollo de nuevos productos, permitiendo a la empresa la valorización de conocimientos e información sociales y la disminución de costos referentes al estudio de mercado y diseño de producto y al de almacenaje y rotación del capital²⁸. Por otro lado, la desarticulación de la producción en diferentes fases como el diseño, manufactura, ensamble, marketing, etc. ha permitido la diferenciación de la aplicación del conocimiento de acuerdo a la fase en que se encuentre, proceso que también ha dado paso a distintas formas de rentas. Esta nueva forma de valorización, ha llevado a la vinculación del aparato productivo con el sector científico-educativo (Ordóñez, 2006), es decir la vinculación con las universidades, los institutos de educación técnica y los centros de investigación y desarrollo. En este sentido los elementos fundamentales de la valorización en el capitalismo actual son el conocimiento y la información a través de los llamados activos del conocimiento y la vinculación del aparato productivo con el SC-E, con nuevas formas de ganancia basadas en la renta tecnológica, la renta organizacional y la renta global.

Así, los activos del conocimiento son el “saber productivo que existe en las organizaciones, sobre todo en las empresas, plasmado en la calificación conjunta de los trabajadores, las rutinas y los procedimientos que se aplican a la actividad productiva regular y que explican la capacidad de generar valor y plusvalor” (Rivera, 2005, pp 111) Estos activos se ven reflejados en la calificación y las capacidades de los trabajadores, por ello implica mayores niveles de educación, capacitación, disciplinas laborales, y la creciente integración entre ejecución, conocimiento y gestión. Estos activos requieren de las capacidades humanas de crear y gestionar el conocimiento y la información. En este sentido, la actual etapa del capitalismo ha generado una amplia cantidad de información, la cual puede reproducirse a bajo costo, pero la capacidad de interpretarla y generar el conocimiento necesario para ponerla en funcionamiento dentro de la producción requiere de altos costos de capacitación. Así, dentro de las organizaciones y la sociedad en general, se generan dos tipos de conocimiento, uno es el conocimiento de primer orden, el cual hace referencia a la reproducción de acciones y rutinas, es un conocimiento vinculado al saber hacer y se vincula

bancos de datos con información como grupos de edad, sexo, gustos, lugar de residencia, etc. que de acuerdo a las políticas de privacidad de las comunidades pueden ser vendidos.

28 Como el caso de la venta de productos por Internet, Dell es un ejemplo claro, se hace el pedido y se especifican una serie de características de acuerdo a las necesidades y gustos del consumidor, a partir del pedido se empieza la producción de la computadora.

con la información como medio de transmisión de procedimientos enmarcados en un ambiente determinado. El otro tipo de conocimiento se refiere al conocimiento de segundo orden y hace referencia al conocimiento creador de innovaciones, se refiere al cómo solucionar problemas, en este sentido, su vinculación con la información se refiere a la creación de soluciones a ambientes dados y su posterior codificación como un elemento transmisible por medio de manuales y rutinas (Rivera, 2008).

A partir de esta caracterización del conocimiento y su vinculación con la información, en la etapa actual del capitalismo, se ha fortalecido el conocimiento de segundo orden como forma de valorización potenciado por los medios de producción informáticos. La valorización del conocimiento se da en dos momentos, el primero se refiere a su objetivación en el producto, ya sea incorporado en los medios de producción, ya sea en la creación de un nuevo conocimiento y su transferencia al producto, y el segundo se refiere a su realización en el mercado (Ordóñez, 2007). Los medios de producción basados en la revolución informática contienen un alto conocimiento objetivado, sin embargo, es más importante su capacidad de generar nuevo conocimiento, esto se ve reflejado en la creciente complejización de los productos y el menor tiempo de vida comercial²⁹ de los mismos. Esto hace que la innovación y el desarrollo (conocimiento de segundo orden) se convierta en un referente fundamental de la valorización, así como las formas de protección de derechos y propiedad intelectual (Mouliere, 2004). Esto es fundamental ya que el costo de innovar es alto en relación al costo de producción, la técnica planar de desarrollo de chips o el desarrollo de software³⁰ son ejemplos claros de este proceso, en el que la producción a escala es a un costo mínimo (costo de información) en relación al costo de desarrollo del primer producto (costo de conocimiento). Esta relación de costos ha fomentado a su vez la desarticulación de la producción en distintas fases o etapas (cadenas de producción) y una forma de renta vinculada a la innovación y el desarrollo tecnológico (rentas tecnológicas).

Las rentas tecnológicas refieren al excedente obtenido por la introducción de una innovación que se da dentro de un ambiente de competencia (Rivera, 2005), en este sentido,

29 A diferencia del tiempo de vida útil de los productos que llega a ser de varios años, el tiempo comercial es de apenas unos meses, en el que los productos similares incorporan nuevas funciones y utilidades así como diseño.

30 El costo del primer disco del programa windows costo 50 millones de dólares en relación a la segunda copia que costo apenas 3 dólares

es el incentivo por innovar. A partir de esta premisa, el capitalismo actual, estructurado en cadenas de valor y basado en activos de conocimiento, fomenta el cambio y la innovación tecnológica como principal forma de obtención de rentas. La formación de las cadenas de valor concentra la participación de las empresas productoras de conocimiento como las líderes y dirigentes de la organización de la cadena (rentas organizacionales), generando el conocimiento y la información necesaria para la producción y captación de mercado, delegando las funciones de menor conocimiento hacia empresas de manufactura y subcontratistas. Así, la producción en cadena presenta rentas tecnológicas y rentas organizacionales.

Por otro lado, la capacidad de la tecnología informática para producir más conocimiento y codificarlo en información, ha generado una vinculación del aparato productivo con el llamado sector científico-educativo. Esta vinculación es básica en el desarrollo de la tecnología actual y su aplicación en la producción en dos sentidos, el de innovación tecnológica y el de generación de recursos humanos. Por un lado, las limitantes de los materiales a la miniaturización de los microprocesadores requirió una fuerte inversión en investigación y desarrollo que dio lugar, por ejemplo, a la nanotecnología. Por otro lado, la innovación en máquinas y herramientas requieren de la investigación en áreas como la cibernética, la bioingeniería, la inteligencia artificial, entre otras³¹, para poder mantener el tipo de rentas tecnológicas. Por otro lado se han vuelto necesarios en el ámbito de la capacitación y organización del trabajador, de nuevos conocimientos que se hacen más especializados conforme se avanza en el escalonamiento de la producción. Este proceso de vinculación entre el sector científico educativo y el aparato productivo, en especial con el sector electrónico informático, ha generado la estructura de lo que se ha dado en llamar economía del conocimiento.

31 Mención requiere los nuevos límites impuestos desde la ecología. La búsqueda de procesos (como el reciclaje) y productos ambientalmente sostenibles y la creciente búsqueda de nuevas fuentes de energía, han hecho ver el potencial del sector electrónico informático en estas áreas, ya que es una tecnología que no contamina, sin embargo su alto nivel de consumo presenta grandes problemas relacionados con los desechos electrónicos, la inversión en estas áreas ecológicas se ha convertido en una de las principales referencias para la investigación y el desarrollo.

1.3.4 Organización del trabajo: producción flexible

La revolución informática y la reestructuración de la producción a partir de los años 70's también implicaron transformaciones en la organización del trabajo y las relaciones laborales. La anterior forma de organización fordista se estructuraba en la segmentación de la producción en tareas simples y la producción continua sobre una cadena de montaje, esta estructura de producción implicaba una rigidez a la diversificación de la producción por lo que se articulaba en torno a la producción masificada y la estandarización de productos. Pero esta forma de producción empezó a presentar menores ganancias para las empresas por una creciente saturación del mercado (Rivera, 2005). Esta situación se dio en paralelo con cambios históricos que permitieron superarla, por un lado la introducción de nuevas formas de organización de la producción, por otro la generación de nuevos patrones de consumo y de competencia basados en la calidad y especificidad de los productos y por último la convergencia de la electrónica con la mecánica (Coriat, 2004). Estas situaciones se engloban en la organización de la producción, la cual giró en torno a la llamada producción flexible o toyotismo. Ésta es básicamente la producción por módulos o unidades de producción de productos para el módulo siguiente. Se basa en la activación de la producción, el sistema Kan Ban, las líneas de montaje en "U" y el trabajo en equipo y la implicación productiva del operario (Ordóñez, 2007).

La inserción de la electrónica y la informática en la producción generaron la integración de la producción, por un lado en relación al tiempo de producción continuo, esto es la tendencia a la disminución de tiempos muertos entre fases, esta disminución se orientó más en el tiempo entre maquinas que en relación al trabajo del obrero. Por otro lado, permitió un ahorro entre flujos presentes de la producción material, esto es un ahorro en el uso de piezas e insumos intermedios lo cual reduce considerablemente el capital circulante y el almacenamiento (Coriat, 2004).

Por otro lado, la misma inserción de la electrónica y la informática en la producción permite la flexibilidad técnica en el sentido de reprogramación de las máquinas herramientas. En este sentido, la reprogramación permite a las máquinas adaptarse a las necesidades y las características modificables de los productos. Ésta implica cinco dimensiones (Coriat, 2004), las dos primeras se refieren a flexibilidad en materia de características, son la flexibilidad en el producto y la flexibilidad de gama. La primera se refiere a la posibilidad de producir una

variedad de productos que tienen algunos componentes comunes sobre la base de un mismo arreglo técnico, la segunda se refiere a la posibilidad de cambiar el proceso de producción para cambiar algunas características externas y secundarias de los productos, se trata del mismo producto con características diferentes (colores, tamaño, etc).

Las otras dimensiones se refieren a las propiedades de los equipos, la primera es la flexibilidad de elementos, que es la posibilidad de complicar o simplificar el proceso por medio del añadido o la supresión de operaciones; la segunda es la flexibilidad de envío, que se refiere a la posibilidad de transportar por banda el producto a distintos segmentos de la producción y, la tercera se refiere a la flexibilidad de volumen, que se refiere a la posibilidad de cambiar cantidades producidas en relación al nivel de demanda.

Por otro lado, las modificaciones organizacionales giraron en torno a la automatización de la línea de producción, el trabajo en redes y por islotes y la flexibilidad técnica. Sin embargo, la gran innovación organizacional se da en la producción tipo toyota, la cual es producción con base a pedidos o ventas realizadas, lo que implica una retroalimentación de información de “atrás para adelante”, es decir de los pedidos a los abastecedores. En este tipo se produce en relación a lo que se necesita y así se va pidiendo a las distintas fases de la producción, logrando cero inventarios (sistema justo a tiempo), esto hace que cada fase sea autónoma de las otras lo que implica una forma de operar la distribución espacial de las maquinas dentro del taller de forma distinta, se montan en espacios con forma de L o U, en el que cada operario va retroalimentándose de la información con la vista, eliminando la burocracia de los talleres y generando círculos de calidad operados por los mismos trabajadores (Coriat, 2004).

También se dieron procesos en cuanto a empleo. Por un lado la comunicación y la reprogramación de las máquinas permitió el desplazamiento de trabajadores de funciones operativas y de control en algunos de los procesos, por otro lado se requirió de trabajadores polivalentes en el sentido de actuar en varias etapas de la producción y que también tuviera los nuevos conocimientos de operación y mantenimiento de la maquinaria instalada lo cual llevó a la recalificación del trabajador y por último la organización laboral al interior de la empresas y fábricas. (Coriat, 2004)

Así, la reprogramación de las máquinas y automatización de la producción generaron un proceso de desplazamiento tanto de trabajadores como de tipos de trabajo,

desplazándolo de trabajo directo hacia trabajo de tipo intermedio o indirecto. Este tipo de trabajo indirecto se basa en la gestión de la maquinaria, es decir en los procesos de control, ajuste, programación y mantenimiento, lo que a su vez implicó un desplazamiento de capacidades laborales, dando mayor peso a las relacionadas con la gestión y el manejo de máquinas e información, dicho proceso implicó la creciente integración del trabajo directo-operario con el indirecto de gestión-administración de la maquinaria, lo cual da paso a un nuevo tipo de obrero.

Esto a su vez, ha generado un movimiento organizativo al interior de las empresas que no es claro aun, ya que las formas organizativas de los trabajadores propias de la organización fordista se han convertido en una limitante técnica como operativa tanto para la empresa como para el trabajador. Esto llevó a los sindicatos y las organizaciones obreras a debilitarse y pasar a un periodo de búsqueda de nuevas formas de lucha obrera y sindical. Esta situación se ha conjugado con la deslocalización de la producción posibilitada, como se ha mencionado antes, por la articulación global de la producción en cadenas globales. Así, durante el periodo de los años 90's hay una rápida disminución de trabajo de manufactura en países desarrollados, desplazándose hacia subcontratistas en países con alta mano de obra y bajos costos relativos, especialmente en Asia Oriental (Dabat, Rivera, Sztelwart, 2009).

Este hecho implicó la debilitación de los sindicatos en los países desarrollados por el abandono de miembros ya sea por pérdida de trabajo o ya sea por abandono voluntario, esto a su vez se conjugó con una serie de políticas laborales enfocadas más a las necesidades de la empresa que a las del empleo. Ambos elementos debilitaron el poder de negociación de los sindicatos. Pero el efecto de la localización de la producción manufacturera en países con bajos costos relativos no sólo respondió a la búsqueda de menores costos de trabajo por la mayor mano de obra en dichos países, sino al abandono por parte de las empresas a responsabilidades laborales. La subcontratación se ubicó en países con legislaciones laborales débiles en los cuales regían las leyes locales³² y la política de la empresa no tenía incidencia, así, las empresas no reconocían a los trabajadores que manufacturaban sus productos ya que pertenecían a otra empresa con las que sólo tenían contratos de

32 Este hecho ha llevado a denuncias condiciones de trabajo que se han acercado a la esclavitud, la incorporación de mujeres que son prácticamente vendidas o que ejercen la prostitución y de niños (Klein, 2001)

producción (Klein, 2001). Sin embargo, esta situación ha tendido a cambiar en los últimos años, en los que los países en desarrollo han generado legislaciones que protegen los derechos laborales y las prestaciones sociales³³, así como han fomentado la creación de sindicatos. Por su parte los sindicatos se han posicionado a partir de la crisis mundial de 2008, en la cual las reestructuraciones del aparato productivo en los países desarrollados (Estados Unidos y Europa principalmente) los ha insertado como factores de impulso a la productividad.

1.4 Elementos para delimitar el patrón productivo actual

El patrón productivo actual responde a las condiciones históricas antes mencionadas. De los elementos desarrollados se pueden extraer los elementos básicos que lo configuran. Así, entendiendo el patrón productivo en el sentido de Fanjzylber, y que retoman distintos autores, como el grupo de industrias, productos y servicios que lideran e integran la producción en un determinado momento histórico, se puede ver que los dominantes son la microelectronica y los semiconductores, la industria de la computación y el software, las telecomunicaciones tanto equipos como servicios, la ofimática, la producción de contenidos y los proveedores de servicio de Internet, el empleo de gestión, creación y mantenimiento ligado a la información y los servicios de creación de conocimiento o el sector científico-educativo.

Estos elementos habría que categorizarlos de acuerdo a 1) su estructura como sector o subsector, 2) su tipo de producto, ya sea material o inmaterial y 3) su función en la producción, ya sea insumo o producto final. Para esto, se tiene que hacer una análisis separado en el que se exploren las diferentes clasificaciones que se han propuesto y hacer el análisis estadístico de cada uno de estos elementos. Esto permitirá entender su participación en la producción y el mercado mundial, lo cual a su vez permitirá hacer una exploración de la posiciones de diversos países dentro de estos. Este análisis requiere un tratamiento amplio, el cual se llevará a cabo en el siguiente capítulo.

33 El caso paradigmático sería China que con una política enfocada a solucionar los problemas y conflictos sociales generados por el rápido crecimiento económico ha fomentado la creación de sindicatos y la protección social.

Capítulo 2

Estructura y evolución del patrón productivo actual

El objetivo del presente capítulo es caracterizar el patrón productivo actual. Para ello, se exploran diversas propuestas que lo definen, así como diversas clasificaciones que intentan ubicar los principales sectores y subsectores industriales que lo integran. Después, se realiza un análisis que permite explorar la dinámica del comercio internacional de dichos sectores, es decir, su configuración, su evolución y los países que dominan. Finalmente, se realiza una revisión de las principales tendencias del patrón productivo actual para entender las limitaciones que presenta su desarrollo y las posibles soluciones tecnológicas que han emergido.

2.1. Delimitación del patrón productivo actual

A partir de la revisión teórica e histórica hecha en el capítulo anterior se pueden extraer elementos configurativos del patrón productivo actual y analizar su desarrollo y tendencias. Se parte de delimitar el patrón productivo a partir de diversas propuestas que intentan ubicar los principales sectores que dinamizan la producción actualmente.

El patrón productivo se puede definir como el “conjunto de industrias, ramas, bienes y servicios, mercados y patrones de consumo en torno a los cuales se constituyen las trayectorias de crecimiento a largo plazo derivadas de una revolución tecnológica”³⁴, es decir, el núcleo articulador de la producción social y de la acumulación de capital (Dabat y Ordóñez, 2009a). En este sentido, el capitalismo actual ha estructurado un patrón productivo alrededor de las industrias de semiconductores, electrónica, informática y telecomunicaciones.

Con el surgimiento de un nuevo patrón industrial y la sustitución del anterior, las fronteras entre industrias se reconfiguran, por lo que intentar mantener las clasificaciones anteriores genera una serie de problemas metodológicos y de medición que obliga a generar nuevos indicadores, clasificaciones y metodologías. Este fenómeno ha sido identificado por distintos autores, instituciones y organismos internacionales, que han tratado de caracterizarlo de diversas formas: tecnologías de la información (TICs), industria electrónica o de telecomunicaciones, industria informática, entre otros (Dabat y Ordóñez, 2009a). Sin embargo, dichas caracterizaciones presentan dificultades conceptuales. La clasificación que

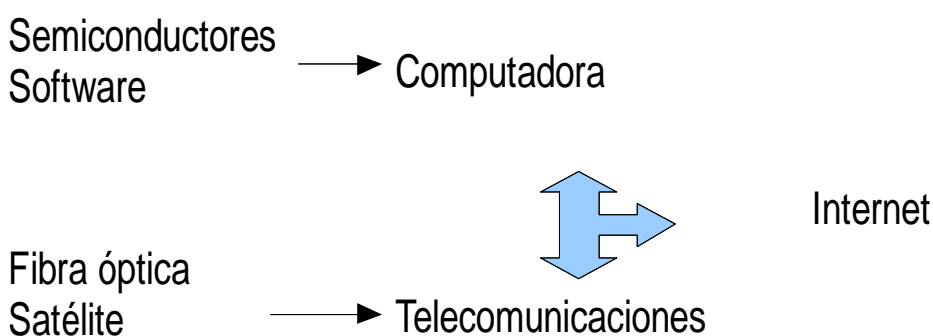
34 Rivera, 2005.

se refiere a sector electrónico deja de lado la industria informática, la referida a industria informática es usada generalmente por autores europeos y puede dejar de lado la electrónica y finalmente la de TICs, la cual es usada por los organismos internacionales (ONU, OCDE, UNCTAD), llama al sector por el tipo de tecnologías en que se basa y no por la naturaleza de los productos y servicios que ofrece (Dabat y Ordoñez, 2009a; Rivera, 2005). Para tratar de avanzar en una clasificación más integral se toma la propuesta hecha por Dabat y Ordoñez (2009a) y Rivera (2005), que trata de integrar el componente tecnológico con el elemento histórico que ha conformado el actual patrón productivo. Esta clasificación incluye los siguientes sectores³⁵: semiconductores, computadoras, comunicaciones³⁶, equipo industrial y electrónica de consumo y software.

2.2. Clasificación y análisis sectorial

Al considerar el capitalismo actual como informático-global, es decir, a partir de las fuerzas productivas dominantes -basadas en la revolución informática- y de la estructura espacial -su principal característica- y partiendo de la clasificación propuesta por Dabat y Ordóñez y Rivera, se propone el siguiente esquema sobre el núcleo de la estructura del patrón productivo actual.

Núcleo central del patrón productivo actual



Fuente: Elaboración propia.

³⁵ Que se basa en la propuesta realizada por Miller

³⁶ En este sector se incluye las telecomunicaciones

Éste se basa en cinco elementos básicos: dos insumos (los semiconductores y el software), un producto (la computadora), una infraestructura básica (la fibra óptica y el satélite), y un servicio (la convergencia de las telecomunicaciones). A partir de estos elementos se configura una serie de elementos complementarios o productos generales como la electrónica de consumo, la telefonía, los electrodomésticos, la electrónica industrial. A partir de los cinco elementos básicos se configura a su vez la nueva forma de gestión social y productiva basada en el Internet. Estos elementos son la base para el análisis del patrón productivo que aquí planteamos

2.2.1. Semiconductores

Los semiconductores son el insumo básico a partir del cual se desarrollan todos los instrumentos, herramientas y productos electrónicos. Los semiconductores son los elementos activos de los dispositivos electrónicos, lo que se conoce como circuito integrado o chips, entre los que hay que distinguir los microprocesadores, los circuitos de memoria y los circuitos lógicos de apoyo.

El microprocesador es el cerebro de la computadora y es el elemento central de la caída de los precios de los semiconductores a nivel mundial (Dabat y Ordoñez, 2009a). Esto es así por las características mismas del producto y la evolución del mercado. El producto es altamente intensivo en investigación y la forma de producirlo por medio del método planar, posibilita la incorporación de mayor capacidad y complejidad en cada producto sin que aumente significativamente el costo de la producción en relación al número de productos obtenidos, por otro lado, el mercado es altamente competitivo, lo que obliga a las empresas a tener una estrategia de rápida innovación y baja de costos constante.

Gráfica 2. Caída histórica de los precios de los semiconductores

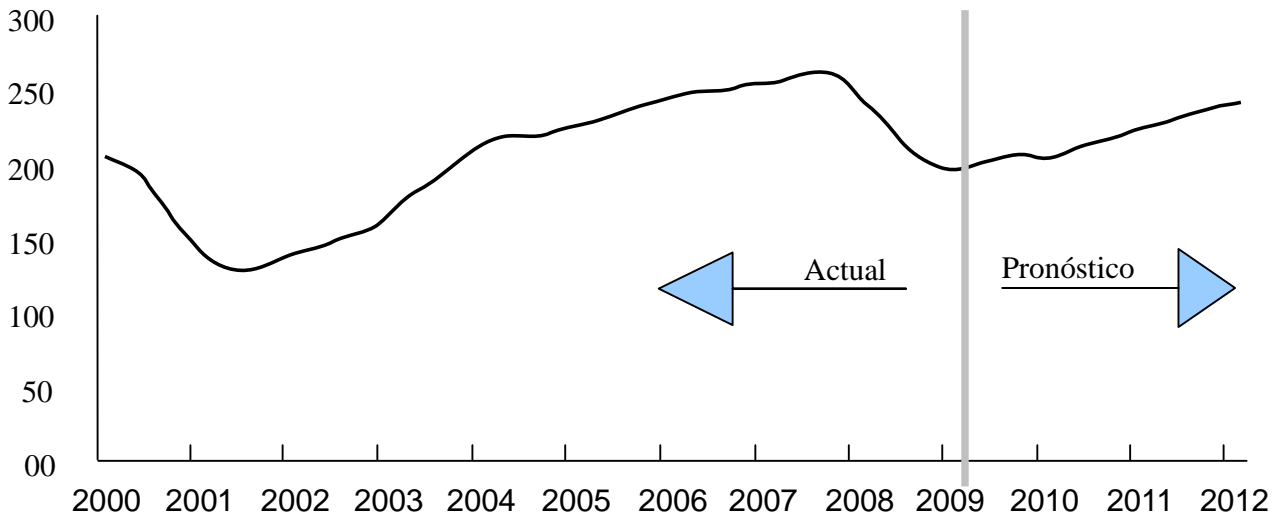
Precios de semiconductores



Fuente: Tomado de Aizcorbe, Oliner y Siechel, 2006

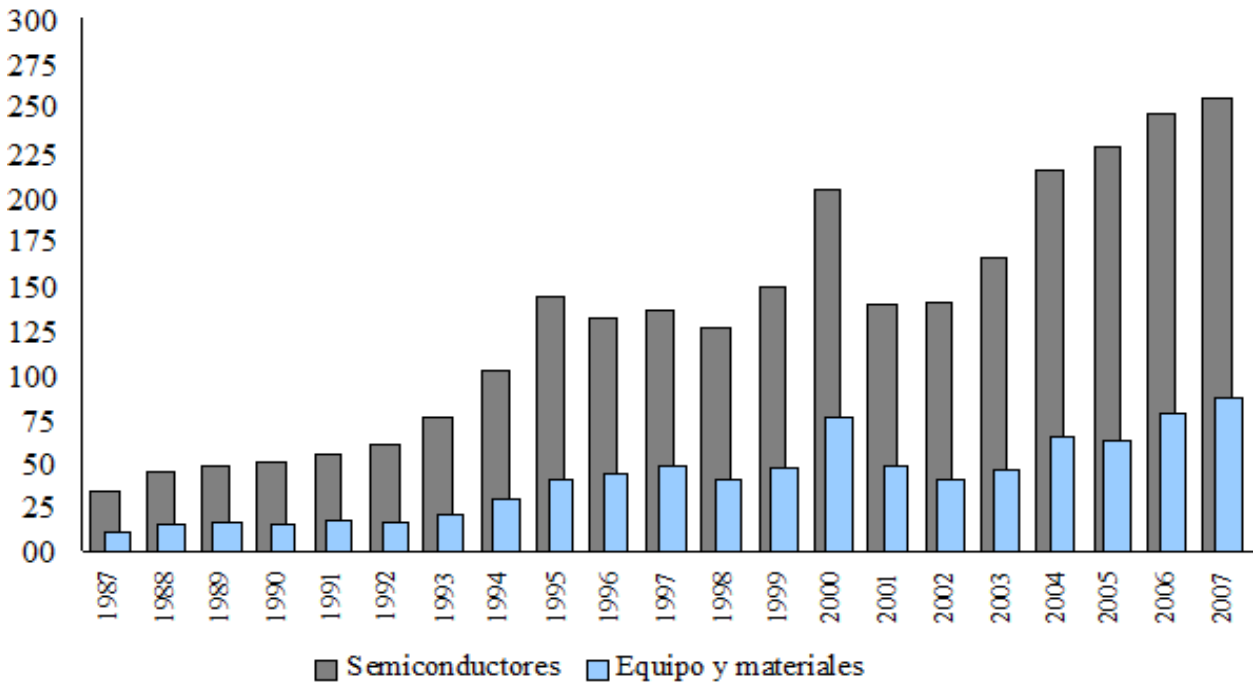
La producción de semiconductores ha crecido constantemente desde los años 90's, (Gráficas 3 y 4). Sin embargo, éste es un sector altamente integrado al ciclo económico de coyuntura, por lo que muestra importantes caídas y recuperaciones sobre todo relacionadas a las crisis, en este sentido se nota un retroceso durante el periodo de 1995 a 1998 relacionado con la crisis asiática de esos años, que se basó en este sector. Después se puede observar una fuerte contracción durante el periodo que va de 2000 a 2003, en el que la crisis de Internet y factores extraeconómicos como el atentado terrorista de 2001 sobre las torres gemelas en Estados Unidos, deprimieron la economía mundial. Finalmente, después de varios años de relativa estabilidad y crecimiento, la crisis financiera mundial de 2008 marca una profunda recesión a nivel mundial que afectó la producción y el comercio mundial de semiconductores. Esta crisis ha llevado a tener un exceso en los inventarios de semiconductores y a una disminución de los precios de los mismos por debajo de las estimaciones globales. Sin embargo, se prevé una recuperación relativamente rápida (isupply 2008).

Gráfica 3. Mercado Mundial de semiconductores 2000- 2009 y pronóstico
En Billones de Dólares



Fuente: Tomado de <http://www.wsts.org/>

Gráfica 4. Valor de equipo y materiales semiconductores 1997-2007
(En Billones de dólares)



Fuente: Tomado de SEMI/WSTS, <http://www.semi.org/en/P043707>

Por su parte, las memorias son el otro componente central de la computadora. Éstas se encargan del almacenamiento de la información y tienen un campo más amplio de aplicaciones en productos como los teléfonos celulares y productos electrónicos, entre otros. Estos circuitos de memoria son productos altamente estandarizados y muy intensivos en capital para su producción.

Esta industria esta dominada por empresas de Estados Unidos y Asia. La principal empresa sigue siendo Intel, originaria de los Estados Unidos, es la empresa que domina el sector, sobre todo en el ámbito de los procesadores, a ella le siguen empresas asiáticas como Samsung de Corea y Toshiba de Japón, que principalmente se han centrado en circuitos de memoria y otros semiconductores. De las 25 principales empresas del mundo solo 3 sean europeas, 10 sean norteamericanas y las restantes de Asia.

**Cuadro 4. 25 Principales empresas de semiconductores a nivel mundial
(Ventas en millones de dólares)**

	Ventas 2008	%	Origen
INTEL	33767	13.1	E.U.
Samsung Electronics	16902	6.5	Corea
Toshiba	11081	4.3	Japón
Texas Instrument	11068	4.3	E.U.
STMicroelectronics	10325	4	Europa
Renesas Technology	7017	2.7	Japón
Sony	6950	2.7	Japón
Qualcomm	6477	2.5	E.U.
Hynix	6023	2.3	Corea
Infineon Technologies	5954	2.3	Europa
NEC Electronics	5826	2.3	Japón
Advance d Micro Devices (ADM)	5455	2.1	E.U.
Freescale Semiconductor	4933	1.9	E.U.
Broadcom	4643	1.8	E.U.
Panasonic Corp	4473	1.7	Japón
Micron Technology	4435	1.7	E.U.
NXP	4055	1.6	Europa
Sharp Electronics	3682	1.4	Japón
Elpida Memory	3599	1.4	Japón
Rohm	3348	1.3	Europa
nVidia	3241	1.3	E.U.
Marvell Technology Group	3059	1.2	E.U.
Media Tek	2896	1.1	Japón
Fijitsu Microelectronics	2757	1.1	Japón
Analog Devices	2498	1	E.U.
Otras compañías	83840	32.5	

Fuente: iSupply Corp, Marzo 2009.

2.2.2. Software

El software es el otro componente básico de patrón productivo actual. Este permite operar todo tipo de dispositivo electrónico, cualquiera que sea la naturaleza del equipo donde esté instalado. El software puede clasificarse en dos formas, una de acuerdo a sus funciones y otra de acuerdo a su modalidad de venta y distribución. La primera clasificación refiere a tres tipos de software: el sistema operativo (operadoras de hardware y sistemas de programación), las herramientas de aplicación (gestores y administradores de información) y soluciones de aplicación (programas para tareas específicas de industria o empresa). La segunda clasificación se refiere a las modalidades de distribución y venta, en esta se distingue el *software empaquetado* que es vendido como derecho de uso, el *software customizado* vendido como servicio a usuarios finales (Dabat y Ordóñez, 2009a), a los cuales hay que agregarle el *software libre*, que no se distribuye por medio del mercado, y las aplicaciones en red (nubes) que son distribuidas por medio de Internet y que pueden ser libres o comerciales.

El crecimiento de la producción de software ha tendido a superar el crecimiento del hardware, sin embargo, su dinámica es distinta. En él se conjugan un alto nivel en la intensidad de diseño y trabajo calificado con bajos niveles de intensidad de capital, lo que genera bajos niveles de productividad, distinto a lo que sucede con los semiconductores (Dabat y Ordoñez, 2009a).

En este campo, el mercado está creciendo rápidamente. Existen dos grandes tendencias, la del software empaquetado de marca y el software libre de fuente abierta. En el primer caso, existe un dominio por parte de la empresa Microsoft sobre aplicaciones de sistema operativo, oficina y empresariales. Sin embargo, el mayor mercado que controla es el de los equipos personales y las pequeñas empresas. En el caso de los servidores y los equipos electrónicos de consumo usan mayoritariamente software libre, sobre todo el caso de los servidores que se basan en software tipo Linux (Didiworld, 2009). Por otro lado, el software dirigido al usuario de equipos personales esta teniendo un impulso en las aplicaciones tipo nube y sistemas virtuales, sobre todo en cuestiones como ofimática y gestión de red. Este tipo de software se ubica en la red y da la posibilidad de acceder a la información desde cualquier parte y computadora, las pequeñas y medianas empresas están

empezando a utilizar este tipo de aplicaciones como forma de disminuir los costos de información y gestión de la información al interior de las empresas. Actualmente, empresas y gobiernos han optado por el software libre, IBM lo está desarrollando y da asesoría a gobiernos para su implementación, por su parte la empresa Dell ofrece equipos con este software preinstalado como opción a Windows y Sun Microsystems desarrolla plataformas de propietario y plataformas libres como el Open Office. Los gobiernos como el coreano y el inglés están reorientando su tipo de software hacia el libre, por su parte, países como Rusia y Brasil han adoptado el software libre como plataforma básica para sus sistemas informáticos de gobierno. Sin embargo, el software empaquetado sigue dominando el mercado de usuarios finales.

El principal mercado de software es el norteamericano, seguido del mercado europeo. Sin embargo, la producción de software está creciendo de forma importante en los países en desarrollo, principalmente en China e India, con participación importante de Israel, pero el principal productor a nivel mundial es Estados Unidos.

Cuadro 5. Mercado mundial de software y servicios informáticos por regiones

Billones de euros				
	2005	2006	2007	2008
Norte América	237	252	268	278
Europa	200	212	227	239
Francia	29	30	32	34
Alemania	40	42	45	47
Italia	15	15	15	15
España	9	10	11	11
Reino Unido	49	52	55	57
Asia-Pacífico	85	91	99	105
China	5	7	8	10
India	3	4	5	5
Japón	52	54	58	60
Latinoamérica	15	17	19	21
África/Medio Este	8	9	10	11
Total	544	581	622	654

Fuente: Digiworld, 2009

2.2.3. La computadora

La computadora de uso general, personal o de escritorio es el producto característico del patrón productivo actual. La computadora se compone de dos elementos, uno físico o hardware, compuesto a su vez por los semiconductores, los elementos periféricos, y la

estructura de soporte; y uno lógico-programático que se le conoce como software. La evolución de la computadora ha estado marcada por la evolución de sus componentes, en este sentido, ha tendido hacia la disminución de tamaño y la complejización de funciones. Las primeras computadoras de uso general tenían el tamaño para poder instalarse en un escritorio ordinario (de ahí su nombre genérico de escritorio), sin embargo, el proceso de miniaturización de los componentes, principalmente de los semiconductores, ha permitido la disminución de tamaño y la modificación de algunas características como la incorporación de los periféricos a la estructura, pero la principal es la movilidad de la computadora, la cual ha pasado de ser fija para escritorio a ser móvil y portátil (Laptop y notebook).

La complejización de los semiconductores ha permitido, a su vez, la posibilidad de manejar más información e instrucciones, lo que ha desarrollado aplicaciones diversas en las computadoras. Se ha pasado de computadoras que requerían altos conocimientos técnicos en programación, a computadoras fácilmente manejables por medio de un entorno gráfico posibilitado por el desarrollo del ícono. De las primeras computadoras que sólo realizaban cálculos y seguían instrucciones relacionadas con la misma programación, ahora se tienen computadoras con funciones multimedia, como el visualizar video, reproducir música, diseñar gráficas y dibujos; o computadoras con funciones en áreas como la medicina, control de varios equipos electrónicos y electrodomésticos, en la educación, en la realización de trámites, etc.

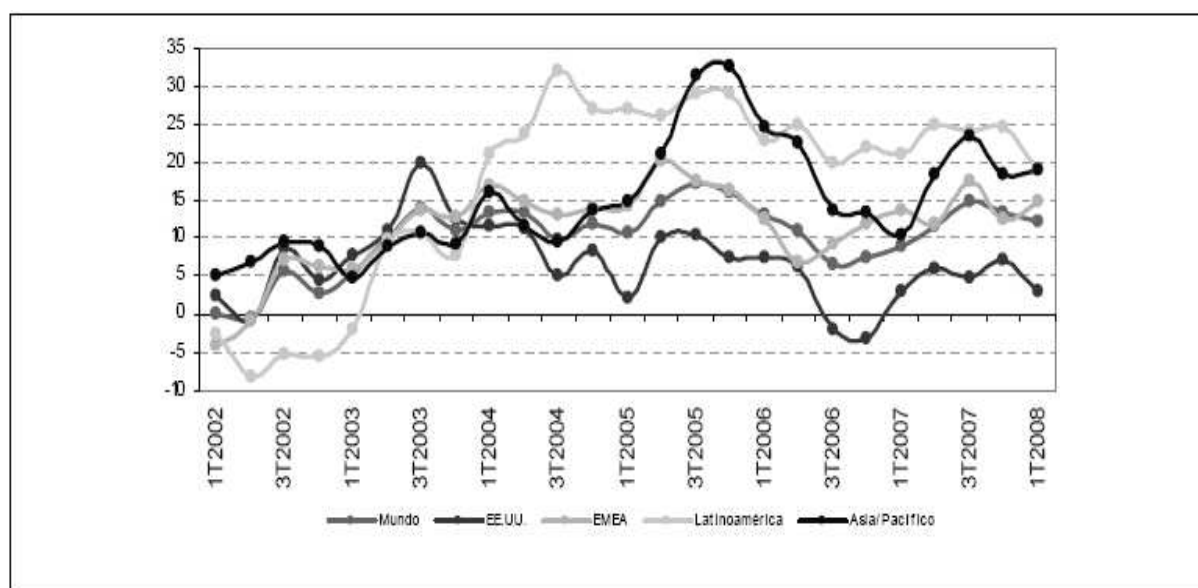
Esto ha llevado al rápido crecimiento de la producción de las computadoras tipo Laptop y Notebook. Se estima que para fines de 2009, el 55% de los envíos de nuevas computadoras correspondan a Laptops y Notebooks (Infomarket, 2009), otros estiman que para el 2012 participarán con el 47% del mercado mundial de computadoras (Computer Industry Almanac Inc., 2007).

Cuadro 6. Tendencia en las ventas mundiales de computadoras
Millones de dólares

	1995	2000	2007	2012
Mundo:				
PC ventas	58	132	251	335
PC móviles	10.0	28.5	91.0	159
Mercado PC móviles (%)	17.2	21.6	36.2	47.4
USA:				
PC ventas	21.4	46.0	69.9	79.6
PC móviles (#M)	4.1	10.4	29.3	44.0
Mercado PC móviles (%)	19.1	22.7	41.9	53.8

Fuente: Computer Industry Almanac Inc., 2007

Gráfica 5. Evolución de las ventas de computadoras por regiones
(tasas interanuales de variación)



Fuente: Tomado de N-economía, Informe mensual, mayo, 2008

Pero la producción mundial de computadoras ha crecido y ahora tiende a estabilizar su crecimiento, esto se debe a varios factores como la relativa renovación de las computadoras existentes, sobre todo por la introducción de nuevos softwares operativos como Vista o Windows 7, la creciente generación de programas sociales mundiales como el de la computadora por niño para países y regiones pobres, y la creciente demanda de productos por parte de países emergentes, principalmente China y la India.

A pesar del crecimiento de la demanda de computadoras a nivel mundial y la reorientación de la industria hacia las computadoras portátiles, Estado Unidos sigue siendo el principal consumidor de computadoras en el mundo. De las computadoras en operación en el mundo, este país concentra el 22% mientras que China, su seguidor, sólo tiene el 8% del total de las computadoras en uso en el mundo

Cuadro 7. Computadoras en uso por país en 2008
(millones de máquinas)

Año final 2008	PCs en uso	%
1. U.S.	264.1	22.19
2. China	98.67	8.29
3. Japan	86.22	7.24
4. Germany	61.96	5.21
5. UK	47.04	3.95
6. France	43.11	3.62
7. Russia	36.42	3.06
8. Italy	35.69	3.00
9. South Korea	34.87	2.93
10. Brazil	33.30	2.80
11. India	32.03	2.69
12. Canada	27.63	2.32
13. Mexico	19.13	1.61
14. Australia	17.01	1.43
15. Spain	16.71	1.40
Top 15 Total	853.9	71.70
Total Mundial	1,190.1	100.0

Fuente: Computer Industry Almanac Inc.

Así mismo, la tendencia hacia este tipo de computadoras móviles, ha reorientado la producción mundial. China es el principal productor de computadoras de escritorio, mientras Taiwán es el país que concentra el 80% de las empresas que producen computadoras móviles, esto ha generado una dinámica de crecimiento en la región, ya que China, Corea y Singapur le proveen de partes y componentes a las empresas taiwanesas para la construcción de computadoras. Esto se debe a dos factores (Yang, 2006), el primero es la subcontratación de los empresas de marca propia (Dell, HP, Sony, entre otras) a la

producción en empresas manufactureras taiwanesas, las cuales han empezado a crear y fomentar marcas propias como ASUS, Acer, Quanta, entre otras. Por otro lado, las propias empresas taiwanesas han empezado a migrar hacia el continente ubicándose en China y las empresas Chinas también han empezado a participar más con sus marcas propias, como el caso de Lenovo y TCL.

Por otra parte, se encuentran las computadoras tipo servidor. Este tipo de computadoras son equipos fijos de gran tamaño que se encargan del almacenamiento y la distribución de información de múltiples usuarios. Este tipo de computadoras son principalmente de uso empresarial, ya sea de pequeñas o grandes empresas, aunque siguen la misma tendencia hacia la complejización de actividades y la disminución de tamaño, lo que las hace accesibles a usuarios individuales. Este tipo de computadoras facilita el control de la información por parte de las empresas, lo que les permite mantener actualizadas en tiempo real áreas como el stock de mercancías, pagos, logística, finanzas, etc. Este tipo de computadoras, aunadas a nuevas formas de gestión y utilización de software como el de “nube”, han permitido disminuir costos al interior de las empresas y aumentar la productividad de las mismas

Así, la empresa taiwanesa Acer se ha consolidado como la principal empresa vendedora de notebooks, y en la tercer marca a nivel mundial en computadoras de este tipo, por debajo de HP y Dell. Por su parte HP y Dell son las principales empresas de venta de servidores, a las que le sigue la histórica IBM, la cual se ha especializado en este tipo de computadoras. Sin embargo, las principales empresas que dominan el mercado mundial de computadoras son las norteamericanas Hewlett-Packard y Dell, seguidas de las asiáticas Acer, Lenovo y Toshiba.

Cuadro 8. Mercado mundial de computadoras por empresas

Compañía	Ventas Q1 09	Cuota de mercado Q1 09 (%)	Ventas Q1 08	Cuota de mercado Q1 08 (%)	Crecimiento Q1 09-Q1 08 (%)
Hewlett-Packard	13,305	19.8	12,974	18.1	2.6
Dell Inc.	8,789	13.1	10,579	14.7	-16.9
Acer	8,758	13.0	6,911	9.6	26.7
Lenovo	4,430	6.6	4,798	6.7	-7.7
Toshiba	3,688	5.5	3,115	4.3	18.4
Otros	28,239	42.0	33,467	46.6	-15.6
Total	67,209	100.0	71,846	100.0	-6.5

Fuente: Garthner, Tomado de Noticias de tecnología. Com <http://www.misnoticiasdetecnologia.com/ventas-mundiales-de-pc-cayeron-un-65-por-ciento-en-el-primer-trimestre-de-2009.htm>

2.2.4 Telecomunicaciones

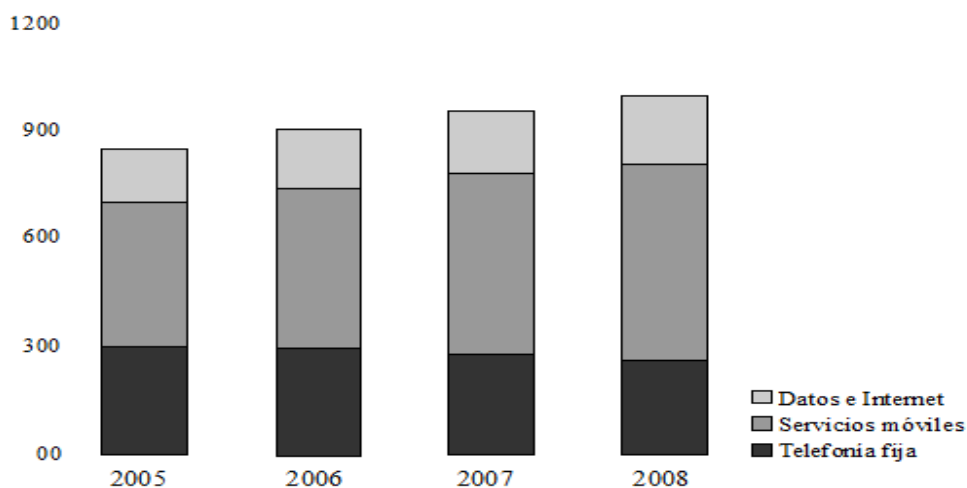
El capitalismo actual se basa en gran medida en la transmisión y la gestión de la información. En este sentido, el flujo de información se hace una necesidad básica en todos los aspectos de la sociedad. Las telecomunicaciones han posibilitado tal flujo de manera continua y creciente. Sin embargo, este sector ha tenido cambios tecnológicos e institucionales que la han revolucionado. Hasta los años ochentas, esta área se encontraba altamente monopolizada y estatizada, así como tecnológicamente estancada. Sin embargo, la revolución de las telecomunicaciones coincidió con un periodo de reformas institucionales en casi todos los países que se orientaron a la privatización y la liberación de sectores (Dabat y Ordóñez, 2009a), del cual las telecomunicaciones fueron parte.

Esta reorientación política favoreció la separación entre empresas de servicio de comunicación de las empresas de manufactura de equipos. Las primeras se enfocaron a la prestación de comunicaciones telefónicas, de señal de televisión y radio así como de uso satelital, mientras que las segundas se enfocaron en la producción de equipos finales y de transmisión. Con la revolución tecnológica en las telecomunicaciones se incorporó al microprocesador y los circuitos de memoria como dispositivos operativos fundamentales y al software como controlador de su funcionamiento (Dabat y Ordóñez, 2009a). Esto permitió la generación de nuevas características en los equipos, sobre todo la capacidad de recibir y transmitir voz, datos y multimedia. Esto posibilitó, aunado a las características propias de la computadora, la convergencia entre tecnologías, lo que a su vez generó una mayor competencia en la prestación de servicios, al integrar dentro de un mismo mercado a los

servicios de telefonía, transmisión de televisión y radio, y la conexión a Internet.

En este sentido, la convergencia digital, ha generado tres tipos de mercados, el de los equipos de comunicación, el de prestación de servicios y el de generadores de contenido. En los equipos de comunicación, se encuentran los teléfonos fijos y celulares, los equipos de transmisión como ruteadores, modems y conmutadores, así como decodificadores de señales para televisión e internet. En la prestación de servicios, se han integrado cada vez más la telefonía fija y satelital, la televisión tipo privada satelital o de cable, y la conexión a Internet. Por el lado de la generación de contenidos, se han consolidado las grandes empresas de medios de comunicación como FOX, WARNER, DISNEY, Televisa, etc., pero a su vez se ha generado una integración social en la gestión de contenidos, fenómeno relacionado a sitios de Internet tipo YouTube. También, ha crecido la creación de contenidos tipo software, como juegos de teléfono y en línea. Un área de desarrollo actual es la de sitios web tipo 2.0³⁷, en ellos, la interacción de los usuarios es fundamental para la generación de contenidos.

**Gráfica 6. Distribución del mercado mundial de telecomunicaciones por segmentos
(En millones de euros)**



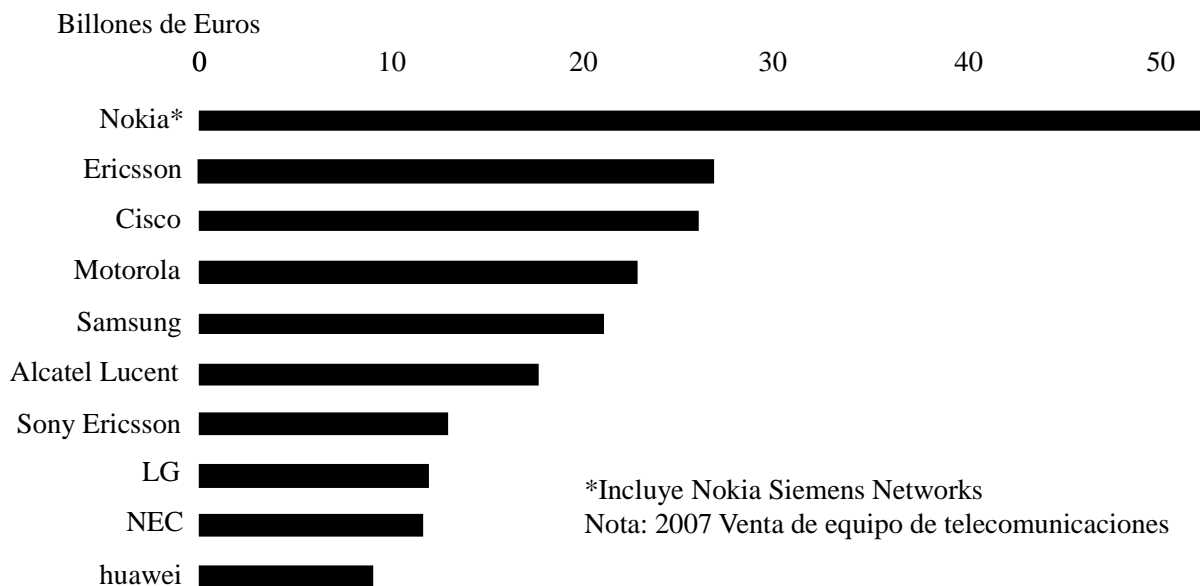
Fuente: Tomado de Digiworld 2009.

37 Este tipo de software ha permitido a las empresas reducir costos de estudio de mercado de publicidad. En ellos, los usuarios pueden marcar características de productos a desarrollar, dejar una base de datos con información como gustos, nivel socioeconómico, educación, intereses, etc., que permite una publicidad dirigida.

A su vez, la revolución de las telecomunicaciones generó y se sirvió del Internet. Las telecomunicaciones permitieron la generación y el crecimiento de redes. Éste fue un paso fundamental en el desarrollo de la red mundial. Primero fue la conexión a Internet por medio de la línea telefónica directamente, después, con desarrollos tecnológicos como la fibra óptica y el modem externo, se posibilitó la conexión a Internet por medio de la banda ancha, independiente de la línea telefónica. A su vez, las antiguos tendidos de líneas telefónicas permitieron su utilización como base para la introducción de nuevos tendidos de fibra óptica, lo cual ha requerido de grandes inversiones por parte de empresas y gobiernos, sin embargo su uso aun es reducido en relación a su potencial.

Gráfica 7. Principales empresas de equipos de telecomunicaciones, 2007

Volumen de negocio de los principales proveedores mundiales de equipo de telecomunicaciones



Fuente: IDATE

Fuente: tomado de Digiworld, 2009

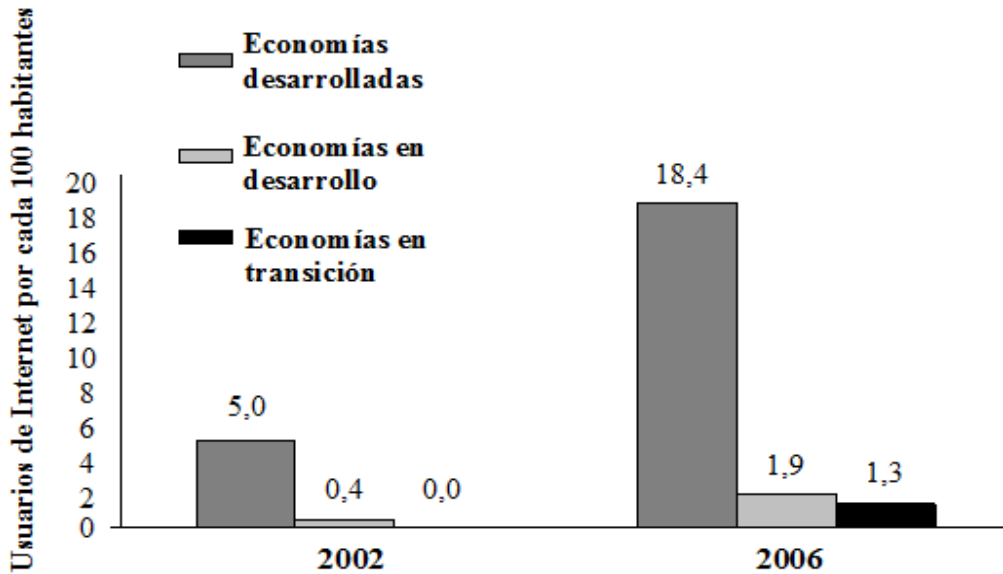
Uno de los principales componentes de este sector es el de la telefonía móvil, el cual ha crecido de manera importante durante los últimos años. Los teléfonos celulares tienen actualmente la capacidad de generar comunicaciones telefónicas en movimiento, a su vez, cada vez más son centros de entretenimiento (reproductores de audio, video y juegos) y formas de acceder a Internet. En este mercado, se encuentran algunas de las empresas más importantes a nivel mundial como son Nokia que controla la mayor parte de mercado, Ericsson, Cisco y Motorola que son sus seguidoras.

2.2.5 Fibra óptica y el satélite

La infraestructura básica para el desarrollo de las comunicaciones y el Internet actualmente se encuentra en la fibra óptica y en la transmisión satelital. La infraestructura satelital que actualmente está teniendo un despegue importante, sobre todo por el crecimiento de la telefonía celular y la cobertura de Internet inalámbrico tipo Wi Fi y WiMax, tiene el inconveniente de estar altamente sometida a las condiciones climatológicas y naturales del entorno, lo cual hace altamente variable su eficiencia. Por su parte, para la fibra óptica se utiliza los canales o caminos de otros servicios como la red de telefonía, la red eléctrica, la red carretera, etc., para realizar su tendido, sin embargo presenta altos costos de instalación y tiene limitantes físicas que impiden su extensión a lugares como zonas rurales o apartadas de los grandes centros de aglomeración urbana.

Ambas tecnologías permiten la transmisión de voz, datos y multimedia, así como la conexión a Internet. Hay en las grandes aglomeraciones urbanas una tendencia a la sustitución de las antiguas líneas telefónicas por fibra óptica, así mismo, las empresas de servicio de televisión y empresas públicas están instalando este tipo de material. Sin embargo, a ser una infraestructura relativamente nueva, no ha sido explotada en todo su potencial, generando lo que se conoce como líneas oscuras, que son líneas de fibra óptica sin utilizar. Por su parte, la comunicación vía satelital está creciendo, sobre todo en zonas de difícil acceso aunque también en las grandes aglomeraciones urbanas. Este tipo de infraestructura es lo que genera la llamada carretera de la información.

Gráfica 8. Crecimiento de la penetración de banda ancha en el mundo



Fuente: UNCTAD Cálculos basados en ITU World Telecommunication/ICT Indicators database, 2007.

Fuente: Tomado de UNCTAD, 2007

Este tipo de infraestructura, conocida como banda ancha, posibilita la conexión a Internet y ha penetrado ampliamente durante los últimos años. Sin embargo, se observa una gran disparidad en la adopción de este tipo de conexiones, mientras que los países desarrollados presentan altas tasas de penetración, los países en desarrollo presentan bajos niveles. Esto es debido a los diferenciales de ingreso, aunque en términos nominales los costos promedios son parecidos, en términos reales el costo es menor en los primeros países (UNCTAD, 2007). En términos regionales para el año 2007, en África, la penetración de la banda ancha fue de un 1.3% de la población total. Asia, a su vez, presentó tasas de penetración dispares: China, país con mayor número de suscriptores a Internet vía banda ancha, tuvo una penetración del 2.9%; países como Corea, Israel, Singapur y regiones como Hong Kong y Macao presentaron tasas de penetración por arriba de la media mundial de los países en desarrollo (1.8%); mientras que otros países de la región no superaron el 1%. Europa, por su lado, presentó tasas de penetración de banda ancha de un 17% en promedio, con un crecimiento de 54% anual. Norteamérica presentó tasas de 14.8%, con una tasa de crecimiento de 28%. Finalmente, en América Latina y el Caribe, la tasa de suscriptores a Internet crece rápidamente mientras la tasa de penetración de banda ancha lo hace

lentamente, presentando un 2.6% en ese año (UNCTAD, 2007).

2.2.6 Internet

Internet es la gran red mundial de conexión entre usuarios. Es fruto de la convergencia tecnológica y de la revolución informática. Así, la conjunción de la computadora, fibra óptica, los servidores y las empresas de conexión a Internet generan lo que se conoce como *backbone*, que es el fundamento material de la generación de las redes. Internet ha pasado de ser un complemento productivo y social, a convertirse en uno de los fundamentos del aumento de la productividad a nivel mundial y de la realización social.

Internet ha generado una nueva forma de comercio, basado en el contacto directo entre productores y consumidores, sitios especializados y comercio electrónico, tanto en comercio tipo mercado como en comercio tipo subasta. También ha generado nuevas formas financieras como el crédito en línea, la consulta de saldo, el seguimiento de los mercados en tiempo real, y los constantes flujos financieros por todo el mundo, lo que ha generado un aumento de la especulación financiera y nuevas formas criminales como el fraude electrónico. Por otro lado, Internet ha generado la posibilidad de conectar cada vez más gente a nivel mundial en torno a intereses y preocupaciones comunes, sitios de socialización y de relaciones personales, así como a formas de lucha social colectiva.

La creciente conexión de personas a nivel mundial, ha generado una serie de problemas sobre todo relacionados a la propiedad de contenidos, por medio de Internet se ha generado una forma de distribución de música, software, video, libros, etc., que no propiamente constituye piratería ya que la mayoría de las descargas no se comercializan. Por otro lado, se encuentran cuestiones como la propiedad de la información personal, y la forma de utilizar los bancos de datos con dicha información, que son vendidas a empresas comercializadoras en algunos casos sin el consentimiento de los usuarios. Otro de los grandes problemas se encuentra a nivel internacional, el desarrollo de Internet en varios países sobre todo los desarrollados, genera desacoples con respecto a los países en vías de desarrollo que no han desarrollado e integrado exitosamente la Internet a sus sociedades, esto genera la llamada brecha digital, la cual impacta sobremanera la integración internacional de los países al nuevo patrón productivo.

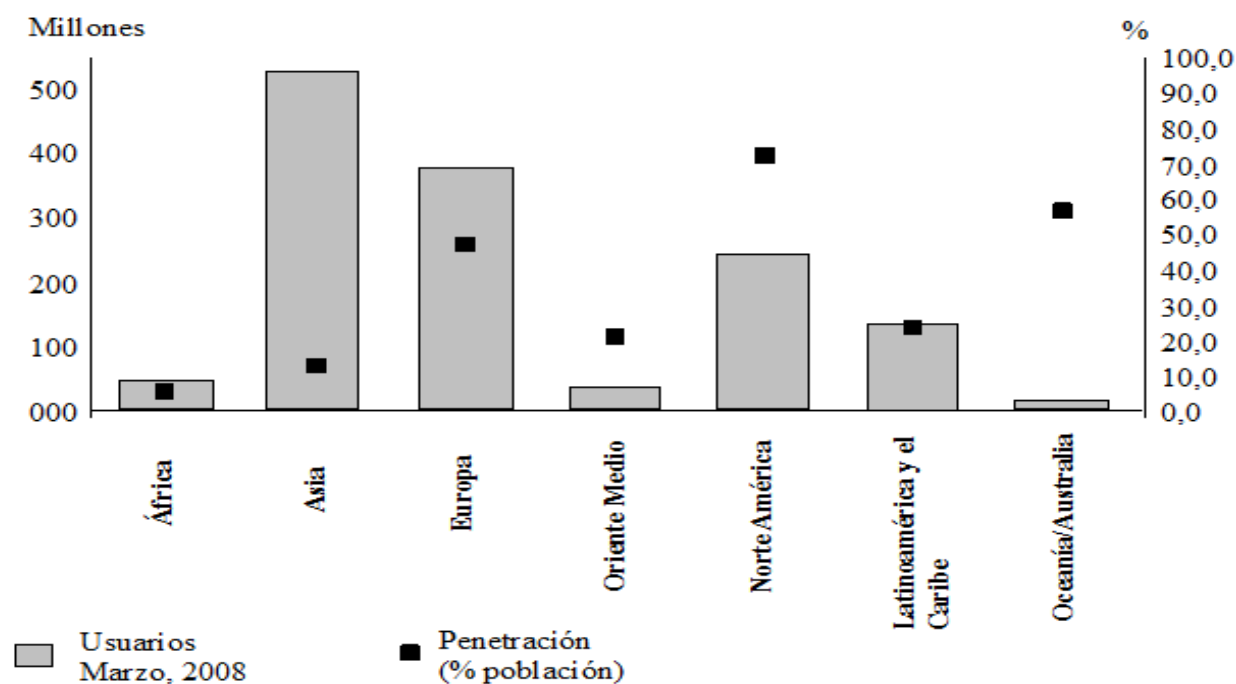
Cuadro 8. Usuarios mundiales de Internet (Marzo 2008)

Región	Usuarios		Penetración % población	% Usuarios mundiales	TMAA 07/00 (%)
	2000	2008			
África	4514400	51022400	5.3	3.6	41.4
Asia	114303000	529701704	14	37.6	24.5
Europa	100996093	382005271	47.7	27.1	20.9
Medio Oriente	5272300	41939200	21.3	3	34.5
Norteamérica	108096800	246402574	73.1	17.5	12.5
Latinoamérica/ Caribe	18068919	137300309	23.8	9.8	33.6
Oceanía	7619500	19353462	57	1.4	14.2
Total Mundo	358871012	1407724920	21.1	100	21.6

Fuente: N-economía a partir de Internet World Stats

Fuente: N-economía, Informe mensual, mayo, 2008

**Gráfica 9. Acceso a Internet: Número de usuarios y penetración (%)
por grandes regiones**



Fuente: Tomado de N-economía, Informe mensual, mayo, 2008

El acceso a Internet ha crecido de forma importante durante los últimos años, sin embargo, la penetración en la población a nivel mundial aun es baja, sólo el 21% de la población mundial tiene acceso a Internet. Por otro lado, hay grandes desacoples entre las regiones relacionadas a la cobertura. Norteamérica es la que mayor cobertura tiene, le sigue Oceanía y Europa. Por otra parte, Asia tiene el mayor número de personas en el mundo con acceso a Internet, pero muy baja penetración en relación a su población total. América Latina tiene una penetración media, y con un rápido crecimiento, muy parecido a lo que pasa en el Medio Oriente. África sigue siendo el continente más atrasado, con apenas un 5% de la población con acceso a Internet, sin embargo su tasa de crecimiento de penetración es la más alta a nivel mundial.

2.3 Impacto del patrón productivo actual a nivel mundial y estructura del comercio internacional

La configuración del nuevo patrón industrial ha impactado el crecimiento de los países, en este sentido, se ve un crecimiento de los sectores que integran el actual patrón industrial en la participación del producto nacional en distintos países. Así, Finlandia ha tenido un crecimiento espectacular de la penetración del patrón productivo en su economía, pero también ha penetrado fuertemente en países como Corea y Dinamarca. Por otro lado, se puede ver que algunos países como Alemania han mantenido una relación porcentual estable de los sectores con el producto total. Por otra parte, Estados Unidos y principalmente Japón, han disminuido la participación de los sectores en su producto total. Esto se debe a varios factores. Los países emergentes del sudeste asiático, así como los países nórdicos europeos ha impulsado políticas de desarrollo desde el Estado, por su parte, Alemania, y otros países europeos, han tratado de fortalecer los sectores tradicionales en los que tenían ventaja internacional, adoptando cautelosamente el nuevo patrón industrial. Por su parte, Estados Unidos y Japón, a pesar de estar en la vanguardia del desarrollo del actual patrón productivo, han presentado un fenómeno de deslocalización de la producción. Las empresas de estos países han orientando sus actividades productivas hacia sectores de alto valor agregado como el diseño y la gestión de marca y cadenas productivas, así como una creciente tendencia hacia las actividades financieras.

Cuadro 9. Penetración del PPA en el PIB de algunos países de la OCDE

Porcentaje del total de la producción

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007
ALEMANIA	s.d	s.d	12.03	11.38	11.73	12.54	12.39	12.68
DINAMARCA	5.26	6.33	6.78	7.18	9.93	9.9	10.19	10.93
FINLANDIA	5.11	6.03	7.04	12.54	22.74	19.45	19.16	18.85
JAPÓN	10.29	13.4	14.79	14.2	16.19	14.15	s.d	s.d
COREA	8.38	9.61	13.4	17.14	24.58	22.96	23.1	22.5
ESTADOS UNIDOS	s.d	9.97	9.57	10.63	11.77	8.96	8.92	s.d

Fuente: Elaboración propia con base en datos de OCDE stat.

Por otro lado, en el ámbito del comercio internacional, se ve un creciente dominio del mercado mundial de los productos relacionados a los sectores que integran el patrón por parte de los países asiáticos, principalmente China, que participa con casi un 23% del total mundial de las exportaciones, a pesar de que hace diez años apenas participaba con el 1%, lo que nos indica su espectacular crecimiento e integración comercial a nivel mundial. Si le agregamos la participación de las exportaciones que tiene los países o regiones de influencia china, veremos que controlan casi el 35% del comercio mundial, superando a los antiguos países dominantes como Estados Unidos y Japón.

Cuadro 10. Exportaciones mundiales de Equipo de oficina y telecomunicaciones
Participación del mercado por país

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
China	1.05	2.4	4.49	6.21	8.87	12.31	14.93	17.67	19.7	22.92
Hong Kong, China	4.32	5.63	5.17	5.96	6.99	7.55	7.94	8.57	8.55	9
Estados Unidos	17.3	16.2	15.84	15.06	12.82	11.74	10.54	9.83	9.38	8.91
Singapur	6.44	9.98	7.62	7.34	7.39	7.76	8.04	7.95	8.09	7.92
Japón	22.45	17.63	11.17	9.83	9.54	9.4	8.9	7.66	6.82	6.81
Corea del Sur	4.8	5.49	6.06	5.25	6.18	6.66	7.18	6.49	5.74	6.12
Holanda	3.4	3.62	4.79	5.3	4.74	5.13	5.38	5.91	5.35	5.94
Alemania	7.51	5.31	4.92	5.39	5.52	6.06	6.46	5.88	5.44	5.46
Malasia	2.75	5.41	5.41	5.33	5.62	5.18	4.88	4.7	4.65	4.52
Taiwan	4.72	5.21	5.97	5.42	5.6	5.2	4.91	4.43	4.42	4.32
México	1.52	1.92	3.52	4.09	3.79	3.26	3.15	2.98	3.19	3.56
Tailandia	1.18	1.93	1.93	1.93	1.99	2.03	1.84	1.87	2.01	2.12
Reino Unido	6.45	5.81	5.19	5.63	5.42	3.8	3.21	4.1	5.77	1.94

Fuente: Elaboración propia con datos de WTO stat. <http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>

Por otro lado, América Latina prácticamente no figura dentro de la competencia mundial de los sectores vinculados al patrón industrial. Sólo México figura entre los primeros 15 países, sin embargo su participación apenas equivale al 3.5%, y ha perdido mercado desde el 2002, que fue su mejor año. Brasil se sitúa en segundo lugar de la región, sin embargo apenas concentra el 0.2% del mercado mundial, muy lejos de México. Pero México tiene una fuerte dependencia comercial con Estados Unidos, la cual liga fuertemente su comercio exterior a la dinámica interna de este país.

En el comercio relacionado a la computación y los equipos relacionados, se observa un dominio del mercado internacional por parte de China, el cual controla prácticamente el 31% del mercado, le sigue Holanda, sin embargo se considera a este país como re-exportador, por lo que su saldo final, a pesar de ser favorable, se basa principalmente en el comercio y no en la producción. Le sigue Estados Unidos, que hasta el año de 2002 era el principal país exportador de este grupo de productos, sin embargo el rápido crecimiento de las exportaciones Chinas lo han superado. Este sector es dominado por los países asiáticos, a pesar que Alemania ocupa el cuarto lugar, ya que estos países ocupan 6 de los primeros 10

lugares en exportaciones de este grupo.

Cuadro 11. Equipo electrónico de procesamiento de datos y de oficina
Participación del mercado mundial por país

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
China	5.01	7.1	11.04	16.89	20.24	23.66	25.93	30.69
Holanda	7.41	7.94	8.16	8.33	8.65	9.87	9.92	8.85
Estados Unidos	15.49	14.87	12.12	11.09	10.21	10.02	9.48	8.55
Hong Kong, China	4.41	5.34	6.22	6.56	6.57	7.93	7.83	6.42
Alemania	4.63	4.76	5.03	5.87	6.7	6.12	6	6.07
Singapur	8.37	8.2	7.84	7.21	6.89	6.89	6.21	5.98
Malasia	5.56	5.05	5.48	4.55	4.69	4.9	5.4	5.02
Japón	9.47	8.59	7.83	6.53	6	5.22	4.65	4.41
Corea del Sur	5.28	4.06	5.01	4.88	5.01	3.79	3.45	3.65
Irlanda	4.7	5.47	4.77	4.53	3.86	3.72	3.4	3.18
Tailandia	2.36	2.41	2.3	2.24	2.12	2.47	2.83	3.07
Reino Unido	5.93	5.81	5.18	4.29	3.78	3.84	4.12	2.46
México	3.16	3.98	3.72	3.6	3.23	2.48	2.37	2.28
Brasil	0.13	0.12	0.07	0.07	0.08	0.1	0.1	0.08
Mundo	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con datos de WTO stat. <http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>

En la exportación de los equipos de telecomunicación, el mercado mundial está más repartido entre regiones. Hay un dominio de los países asiáticos China y Corea del Sur, sin embargo, hay una presencia importante de países europeos y norteamérica en este mercado. Esto se debe en gran medida a las diferencias culturales entre regiones, sobre todo en los aspectos de lenguaje y escritura. Por ejemplo, el desarrollo de un equipo para el mercado americano, no puede ser introducido inmediatamente en los mercados europeos y asiáticos, requiere de un periodo de adaptación del equipo como las teclas o el lenguaje del software.

Cuadro 12. Equipo de Telecomunicaciones
Participación del mercado mundial por país

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
China	6.77	8.84	11.7	14.58	17.56	20.38	22.55	26.1
Hong Kong, China	6.81	6.95	8.36	9.14	9.44	9	8.43	9.76
Corea del Sur	4.99	5.93	7.36	8.62	9.38	8.11	6.8	7.18
México	6.67	7.12	6.64	5.09	5.08	5.2	5.86	7.1
Estados Unidos	11.45	11.03	9.09	7.68	7.2	6.56	6.31	6.89
Japón	10.6	9	8.99	9.92	9.2	7.23	6.14	6.2
Holanda	2.7	3.16	2.23	2.75	3.19	3.85	3.11	5.68
Alemania	5.95	6.74	6.95	7.12	7.31	6.48	5.68	5.44
Singapur	2.87	2.7	2.84	3.44	3.68	3.35	3.28	3.16
Hungría	1.05	1.42	1.96	2.38	2.53	2.29	2.18	2.71
Malasia	4.5	4.53	3.88	3.37	3.2	2.88	2.62	2.35
Finlandia	3.43	2.95	3.08	3.07	2.43	2.63	2.21	2.3
Taiwan	2.34	2.28	2.58	2.79	2.61	2.48	2.09	2.07
Suecia	4.8	2.6	2.36	2.75	2.93	2.67	2.25	2.03
Brasil	0.55	0.67	0.63	0.53	0.38	0.66	0.61	0.43
Argentina	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Chile	0	0	0.01	0	0	0	0	0.01
Venezuela	0	0	0.01	0	0	0	0	0
Mundo	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con datos de WTO stat. <http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>

En el ámbito de los semiconductores, Singapur, se encuentra a la cabeza, ganándole el mercado internacional a los Estados Unidos que fue el principal exportador de estos productos hasta el año 2004. Esto se ha dado en gran medida por la fuerte industria de electrónica y de consumo y de equipos de comunicación ubicada en los países asiáticos, lo que generó una fuerte sinergia en el comercio intraregional. Por su parte, los Estados Unidos basan su comercio en la fuerte posición de sus empresas a nivel mundial, como el caso de Intel, Texas Instrument, ADM, Lucen Bell, entre otras, así como en su fuerte sistema de investigación y desarrollo, indispensable en estos productos por su alta tasa de investigación en el desarrollo de nuevos, más pequeños y complejos productos.

Cuadro 13. Exportaciones de circuitos integrados y componentes eléctricos

Participación del mercado mundial por países

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Singapur	11.16	11.34	11.78	13.26	14.69	15.61	17.34	16.91
Estados Unidos	20.37	19.81	17.83	17.1	14.94	13.98	13.55	12.13
Hong Kong,								
China	4.55	5.7	6.51	7.1	7.97	8.86	9.68	11.32
Japón	13.76	12.49	12.39	12.62	12.32	11.56	10.66	10.77
Taiwan	7.06	6.42	6.85	7.26	8.16	8.72	10.02	10.14
China	1.74	2.05	2.92	3.72	4.91	5.91	7.46	8.46
Corea del Sur	8	6.13	6.42	6.84	7.41	7.96	7.28	7.92
Malasia	6.07	6.63	7.69	8.02	7.12	6.88	6.52	6.79
Alemania	4.3	4.75	4.61	5.14	5.13	4.74	4.34	4.68
Filipinas	5.4	5.23	5.97	5.69	4.62	4.35	4.34	4.32
Holanda	3.59	4.05	2.98	3.51	3.72	3.34	2.44	2.49
Tailandia	1.91	1.95	2.04	2.26	1.92	1.89	2.12	2.23
Francia	2.7	2.9	2.41	2.31	2.28	2.35	2.23	1.98
Reino Unido	3.06	3.9	4.03	1.95	2.11	2.19	1.84	1.21
México	0.99	0.85	0.76	0.77	0.76	0.65	0.55	0.44
Brasil	0.07	0.09	0.1	0.08	0.06	0.05	0.04	0.02
Chile	0	0	0	0	0	0	0	0
Mundo	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia con datos de WTO stat. <http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>

Así, se ve una penetración fuerte del patrón productivo actual en países emergentes, sobre todo en los asiáticos, así como en los nórdicos europeos. Este fenómeno se enmarca perfectamente en el planteamiento de Carlota Pérez sobre las ventajas de los países seguidores ante un cambio histórico o de paradigma tecnoeconómico. Por otro lado, la estructura del comercio mundial de los sectores integrantes del patrón productivo actual muestra una nueva dinámica internacional, ligada principalmente a los países del sudeste asiático. Este hecho reconfigura la presencia de los países a nivel mundial y su poder de negociación internacional.

Sin embargo, esta posibilidad de desarrollo de las naciones requiere de cambios políticos e institucionales, así como de una visión transformadora y progresiva de las naciones y sus clases políticas, no hay otra explicación para el salto dramático de países como China, Corea, Finlandia, Noruega, entre otros. América Latina no pudo dar ese paso, se ha rezagado del mundo con respecto a la adopción del nuevo patrón productivo y se ha subordinado a su viejo patrón de dependencia en materias primas y productos primarios.

2.4. Limitantes del patrón productivo y tecnologías emergentes

El patrón productivo actual presenta limitaciones sociales, económicas, políticas, tecnológicas entre otras. Desde el punto de vista tecnológico se presentan en dos sentidos, el primero se refiere a las limitaciones materiales y el segundo a las limitaciones de la información y su procesamiento. Las limitaciones materiales se encuentran en el proceso mismo de miniaturización. Actualmente se empieza a trabajar con escalas nanométricas. Al llegar a escalas de 16 nanómetros aproximadamente, los electrones (en los que se basa ese proceso) empiezan a comportarse de forma no controlada y erráticamente. A estas escalas empieza a imperar el comportamiento de la mecánica cuántica, la cual aun presenta limitaciones teóricas pero sobre todo prácticas, esto hace que el desarrollo de soluciones pase por un periodo de aprendizaje que requiere algún tiempo.

Por otro lado, las limitaciones en cuestión de información y su procesamiento son menos claras pero ya presentan algunas tendencias. Hasta ahora la forma de procesar la información se basa en un código binario, en la traducción de impulsos eléctricos en ceros y unos. Esta forma de estructurar la información genera un lenguaje que sólo responde a si/no, las maquinas y herramientas funcionan en base a estos parámetros y para una situación dada responde con un si, o con un no, con un hacer, o un no hacer, sin embargo, existen situaciones en las que se presentan ambientes ambiguos, a los cuales las máquinas no pueden responder, por lo que se requiere de un lenguaje que gire en torno a si/no/tal vez, o a si-si/si-no/no-si/no-no. Esta limitación ha hecho fundamental el estudio y la comprensión de áreas como la genética, la neurociencia y la inteligencia artificial, en las cuales se podría basar un nuevo estándar de comunicación que igualará el código genético (basado en tres dígitos) o la forma de tomar decisiones por parte del ser humano que permite acciones flexibles o adaptables.

Capítulo 3

La nanotecnología, elementos históricos y tecnológicos

El patrón productivo actual presenta limitaciones de diversos tipos como tecnológicas, institucionales, sociales, económicas, ambientales, etc. Para superarlas se ha generado una serie de propuestas e iniciativas en diversos campos. La nanotecnología es una de ellas generada desde el campo tecnológico. En este capítulo se exploran las principales características científicas, tecnológicas y técnicas de la nanotecnología, su evolución histórica, las condiciones materiales que han hecho posible su desarrollo así como los principales sectores en los que se han generado avances importantes. Finalmente exploramos los diversos debates en torno al desarrollo de la nanotecnología y sus posibles implicaciones.

3.1 Conceptualización y características de la nanotecnología

En los últimos años ha surgido una nueva ciencia y una nueva tecnología que se dice revolucionarán por completo la producción y la sociedad, éstas son la nanociencia y la nanotecnología. Sin embargo, aun no existe una definición precisa ni límites claros sobre su alcance de acción (Delgado, 2008). En la literatura se aborda a la nanotecnología como ciencia o como tecnología según la forma de adoptarla, ya sea como investigación pura o como una aplicación tecnológica de la misma. En este trabajo se aborda el concepto general de nanotecnología incluyendo las investigaciones y las aplicaciones.

La nanotecnología se refiere al estudio y desarrollo de la investigación científica y tecnológica a escala nanoscópica, es decir a escalas que son millonésimas partes de un metro (10^{-9}), de las diferentes propiedades físicas que se presentan a dicha escala, considerándola un área nueva de desarrollo. Este concepto, sin embargo, ha sido cuestionado en cuanto a su novedad³⁸ (Delgado, 2008). A pesar de estas objeciones, hay algo a tomarse en cuenta que le da a la nanotecnología uno de sus elementos de novedad: el desarrollo de nuevos instrumentos y herramientas destinadas al desarrollo de la nanotecnología que sólo han sido posibles con el desarrollo de las fuerzas productivas del

38 Delgado (2008) plantea que hay estudios que se han considerado como nanotecnológicos y que no están dentro de dicha escala, o algunas otras investigaciones y desarrollos que anteriormente ya habían caído dentro de la escala. Por este motivo se ha considerado como una moda que ha servido para la obtención de recursos por parte de científicos e investigadores.

capitalismo actual y su nuevo patrón productivo.

La nanotecnología ha sido definida por varios investigadores e instituciones a nivel mundial con diferentes matices, sobre todo en relación a su aplicación y campo de estudio. Así, una primera definición propone que “la nanotecnología y las distintas nanociencias tratan de estudiar, describir y manipular los procesos y los fenómenos que ocurren a escalas que abarcan desde algunas fracciones de nanómetros hasta varios cientos de estos”³⁹. Esta definición hace referencia al aspecto dimensional de la nanotecnología y la manipulación de la materia. Otra definición de nanotecnología viene de la Comisión Europea, la cual propone que:

“La nanotecnología es una ciencia multidisciplinar que se refiere a las actividades científicas y tecnológicas llevadas a cabo a escala atómica y molecular, así como a los principios científicos y a las nuevas propiedades que pueden ser comprendidos y controlados cuando se interviene a dicha escala”.⁴⁰

Esta definición hace referencia a tres aspectos, el primero al carácter multidisciplinario de la nanotecnología en la que se incluyen investigaciones de la física, la biología, la química, la informática, la ingeniería, la medicina, entre otras. El segundo aspecto se refiere a la escala dimensional y el tercer aspecto se refiere las diferentes propiedades que tienen los materiales a escalas distintas de dimensión y su posible manipulación.

Otra definición es la proporcionada por la Royal Society, que plantea: “Definimos nanociencia al estudio de los fenómenos y manipulaciones de materiales a escalas atómicas, moleculares y macromoleculares... y (delimitamos a las) nanotecnologías al diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas para controlar la forma y el tamaño a escala nanométrica”⁴¹. Esta definición está orientada a los aspectos prácticos y productivos que presenta la nanotecnología.

A partir de estas definiciones, podemos plantear tres aspectos generales de la nanotecnología:

- 1) La escala, que se refiere al estudio científico, técnico y tecnológico a una escala que va desde los 100 nanómetros (nm) hasta el tamaño de los átomos (aproximadamente 0,2 nm).

39 Sosa, 2004. pp. 23.

40 Tomado de Bankinter, 2006.

41 Tomado de Delgado, 2008.

2) Es multidisciplinaria, pues convergen y colaboran diversos campos como la física, la química, la biología, la ingeniería, la informática, la medicina, etc.

3) Su objetivo, es el estudio de los fenómenos, el control y la manipulación de los elementos (átomos, electrones, spilones, ADN, genes, etc) a dicha escala, y la producción de nuevos productos (materiales, medicamentos, compuestos, etc.).

A partir de ellos podemos decir que la nanotecnología se refiere a un campo de desarrollo de la ciencia y la tecnología para el conocimiento, control y manipulación de la materia a escala nanométrica; es un cuerpo teórico heterogéneo y multidisciplinar ya que dentro de este campo se encuentran disciplinas, como la física, la química, la biología, la informática, la electrónica, la medicina, entre otras, finalmente que ha sido posible desarrollarla a partir de los instrumentos y herramientas propias de la revolución informática y de la economía del conocimiento. En este sentido, la nanotecnología (al igual que la bioingeniería, la genética, la neurociencia, entre otros nuevos campos de conocimiento) es resultado de las condiciones históricas actuales.

3.2. Evolución de la nanotecnología

Se puede decir que la nanotecnología fue un reto intelectual y científico lanzado por el físico Richard Feynman en 1959 durante una ponencia realizada en la American Phisical Society. Hasta ahora, salvo ciertos campos como el de la nanoelectrónica, su desarrollo y evolución tiene que ver más con el desarrollo de la tecnología en el campo de la investigación científica que con las aplicaciones productivas.

Las premisas científicas que posibilitan el desarrollo de la nanotecnología, generadas desde la década de los 60's, sólo ha sido posible realizarlas a partir de las condiciones estructurales del capitalismo actual. Fruto de las tecnologías de la información y las herramientas que se han desarrollado con éstas, de la división social, interindustrial e internacional del trabajo y de las nuevas formas de valorización que la etapa actual del capitalismo ha generado, la nanotecnología es percibida como uno de los potenciales tecnológicos con más rentabilidad en el mundo actual. La nanotecnología tiene un amplio abanico de sectores y productos en los que se puede desarrollar; sin embargo, el mayor impacto es en el área de la microelectrónica y la computación, ya que genera las posibilidades de superar los límites físicos que el proceso de miniaturización ha marcado.

Las implicaciones económicas para los países y las empresas que la desarrollan dependen del lugar que ocupen dentro de la división internacional y del desarrollo económico y social propio de cada país, sin embargo, existe la posibilidad de integrarse dentro de sectores dinámicos generando con esto una mejor apropiación de rentas tecnológicas internacionales.

El desarrollo de la nanotecnología se ha dado en dos sentidos: arriba-abajo (top down) o abajo-arriba (bottom up). El primero se refiere al proceso de miniaturización de los componentes y materiales conocidos actualmente, hasta llegar a las dimensiones nano. Ésta es la versión o modalidad ligera en la que el proceso de la miniaturización en la electrónica y los semiconductores ha sido el paso fundamental para el desarrollo de la nanotecnología. El proceso abajo-arriba se refiere al desarrollo de materiales, máquinas, compuestos, etc., a partir del acomodo y reacomodo de sus partículas para generar nuevos materiales y nuevas propiedades en ellos, a esta modalidad se le conoce como la dura o compleja (Toledo y Gúzman, 2009).

A partir de esta forma de desarrollo Bankinter (2006) identifica tres corrientes de investigación sobre la nanotecnología, ya sea:

- 1) por tamaño, la cual persigue la construcción de estructuras y dispositivos cada vez más pequeños
- 2) por operación, que investiga y desarrolla nanotecnología basada en las nuevas características y propiedades de los materiales mediante su manipulación a escala atómica o molecular, o
- 3) por método de fabricación, que se refiere a los procesos de bottom up assembly o molecular self assembly⁴², es decir por la unión y conjugación de átomos y moléculas para crear estructuras nuevas y complejas.

Las dos primeras corrientes han ido de la mano hasta ahora, aunque parece que la primera se debilitará cada vez más y le dará paso a la segunda para un mayor desarrollo. La tercera corriente se espera despegue en el futuro, pero es una promesa únicamente, ya que aun no existen los instrumentos necesarios para lograr su desarrollo a volumen importante. (Bankinter, 2006)

A su vez, se han desarrollado dos tipos de investigación nanotecnológica en función del

42 Es un proceso que se basa en colocar una cantidad de átomos y moléculas en ciertas formas para generar el autoensamblado o la autoorganización de las que rodean

ambiente en que se desarrolla: la nanotecnología seca y la nanotecnología húmeda. La primera se refiere a la investigación y desarrollo de las estructuras físicas y químicas como los metales, el carbono, el silicio y los semiconductores, en la cual el objetivo es manipular sus cualidades y características físicas para generar nuevas estructuras o modificar las existentes (Euroresidentes, s/f). La segunda se refiere a procesos químicos y biológicos que se realizan principalmente en entornos acuosos en los que existen leyes que gobiernan los procesos, como el caso del ADN, las células, las proteínas, los genes, etc. En este tipo de investigación se busca manipular los procesos para poder reproducirlos a escala, como los procesos de autoensamblaje y autoreproducción de la estructura. Estos dos tipos de nanotecnología muestran la posibilidad de aplicar la tecnología a dos dimensiones distintas, la material o física y la biológica. Ambos tipos están tendiendo a converger en la formación de híbridos sobre todo en el campo de los semiconductores y la computación, pero también en los materiales y los medicamentos.

Como se ha mencionado, la miniaturización en la electrónica y los semiconductores ha sido un desarrollo fundamental. La llamada ley de Moore plantea que cada 18 meses se duplica el número de transistores dentro de un procesador, disminuyendo el costo en relación al número de transistores contenidos y por pieza relativa, esta ley empírica se ha desarrollado prácticamente al pie de la letra hasta ahora y parece tener potencial de cumplirse hasta aproximadamente el 2021. Sin embargo se presentan limitaciones que vienen impuestas desde varios frentes. El primero se refiere al costo de la maquinaria⁴³ para producir chips, que ha pasado de unos 10 dólares en los primeros procesadores a unos 50 millones de dólares para los más actuales (Hutchenson, 2008).

Otro de los límites es el que viene desde la tecnología, actualmente se elaboran chips a dimensiones de 45 nm, sin embargo al llegar a los 16 nm aproximadamente, los electrones que viajan por los circuitos impresos empiezan a presentar comportamientos no controlados e impredecibles. En teoría se pueden producir chips de 1.5 nm, sin embargo a esa escala hay un alto consumo de energía y presentaría funcionamiento altamente errático (INTEL, 2003).

Esta limitación tecnológica se explica en función del comportamiento de los electrones. Al acercarse cada vez más al tamaño del electrón, éste presenta un comportamiento que en

43 Los costos de producir un wafer (plantilla de chips) aumentó en 1.7 por ciento entre 1977 y 1987

la física clásica no puede ser comprendido, por lo que se tiene que explicar en términos de la física cuántica. Esto es un problema no menor, ya que el avance en esta rama de la física presenta bastantes lagunas por llenar sobre todo en el terreno práctico. Ante estas limitantes se están desarrollando procesos de manufactura basados en la nanolitografía, la cual es la generación de microprocesadores desde al acomodo de los átomos, para generar los canales de circulación de los electrones y de esta forma controlar su comportamiento.

Por otro lado, el desarrollo a nivel investigación laboratorio ha llevado a avances significativos en la creación de estructuras nanotecnológicas. El descubrimiento por “casualidad” de los buckyball por investigadores en el campo de los materiales semiconductores es un ejemplo. El buckyball es una esfera compuesta de 60 átomos de carbón en forma de balón de fútbol, que tienen la propiedad de ser altamente conductores de la electricidad y del calor, ser más fuertes que el acero y mucho más ligeros. También se han descubierto otros materiales como los nanotubos de carbono, los cuales son tubos formados por átomos de carbono de una o varias capas. Estos tienen prácticamente las mismas propiedades que los buckyball, aunque al no estar cerrados en sus extremos o en alguno de ellos, pueden tener mayores aplicaciones. Sin embargo aun no se han desarrollado los métodos de producción a escala para ninguno de los dos de forma satisfactoria, ya que las que actualmente existen generan muchas impurezas en el producto y no los crean estandarizadamente (pueden generarlos con 60, 70, 100 átomos de carbono aleatoriamente). A pesar de esta limitante comercial y productiva, ambos elementos son los productos que mayor atención han generado hasta ahora.

También está el desarrollo de la nanotecnología en otros campos como la química, ya sea en textiles y productos sintéticos relacionados, polímeros, resinas y medicamentos. Sin embargo los medicamentos son una de las áreas más polémicas, ya que presenta a su alrededor discusiones éticas y sociales de gran relevancia.

Otro elemento fundamental en el desarrollo de la nanotecnología es la integración institucional. A partir de los desarrollos en investigación científica y académica realizados en Asia, principalmente en Japón, desde la década de los años 80's, la nanotecnología empezó a obtener relativa importancia en los círculos académicos, pero fue sólo hasta el año 2000 que las instituciones y los países entraron en una carrera de fomento a la investigación y el desarrollo de dicha tecnología. En el año 2000, el presidente norteamericano Clinton firmó un

acuerdo llamado *Iniciativa Nacional de Nanotecnología*, con el objetivo de impulsar el desarrollo de la nanotecnología como uno de los principales ejes tecnológicos y estratégicos hacia el futuro para incrementar la competitividad y presencia mundial del país. A partir de este hecho, distintos gobiernos generaron propuestas similares, como la Unión Europea, Japón y China, posteriormente casi todos los países de Asia Oriental y algunos otros como Argentina y Brasil implementaron políticas similares (Bankinter, 2006, Roco, 2005, Shulte, 2005). Sin embargo, el desarrollo ha sido altamente dispar. En países como Estados Unidos, Japón, China, Corea del sur, las iniciativas han sido realmente motores de desarrollo, pero en otros como en América Latina, han sido más discursos retóricos o buenas intenciones.

3.3. Condiciones materiales del desarrollo de la nanotecnología

La nanotecnología requiere de instrumentos altamente especializados, que sólo han sido desarrollados a partir de los años 80's y que han estado enfocados en el desarrollo de la investigación.

Los instrumentos que se han desarrollado hasta ahora son los espectroscopios, el microscopio de fuerza atómica, el microscopio de escaneo electrónico, el microscopio de transmisión de electrones, el microscopio de efecto túnel, el microscopio de resonancia de fuerza magnética y los llamados nanomanipuladores. A excepción de los microscopios de fuerza atómica, del microscopio de efecto túnel y de los nanomanipuladores, los demás instrumentos sólo tienen aplicación en el ámbito de la investigación. Sin embargo, el desarrollo de instrumentos de mayor alcance es una de las áreas que más desarrollo ha tenido (Bankinter, 2006, Booker y Boysen, 2005).

Estos instrumentos funcionan de forma relativamente sencilla, los microscopios hacen un barrido sobre la superficie que se desea analizar o manipular, estos transmiten la información obtenida a una computadora que recrea las imágenes en dos o tres dimensiones. Al determinar qué molécula se desea manipular, la punta que hace el barrido actúa como imán y coloca el elemento en la nueva posición. Por otro lado, al incorporar programas de simulación o realidad virtual, se pueden generar las condiciones resultantes de la manipulación, esto es muy importante, sobre todo en la planeación de los experimentos y los posibles campos de aplicación de los resultados. Si se añade el software de realidad

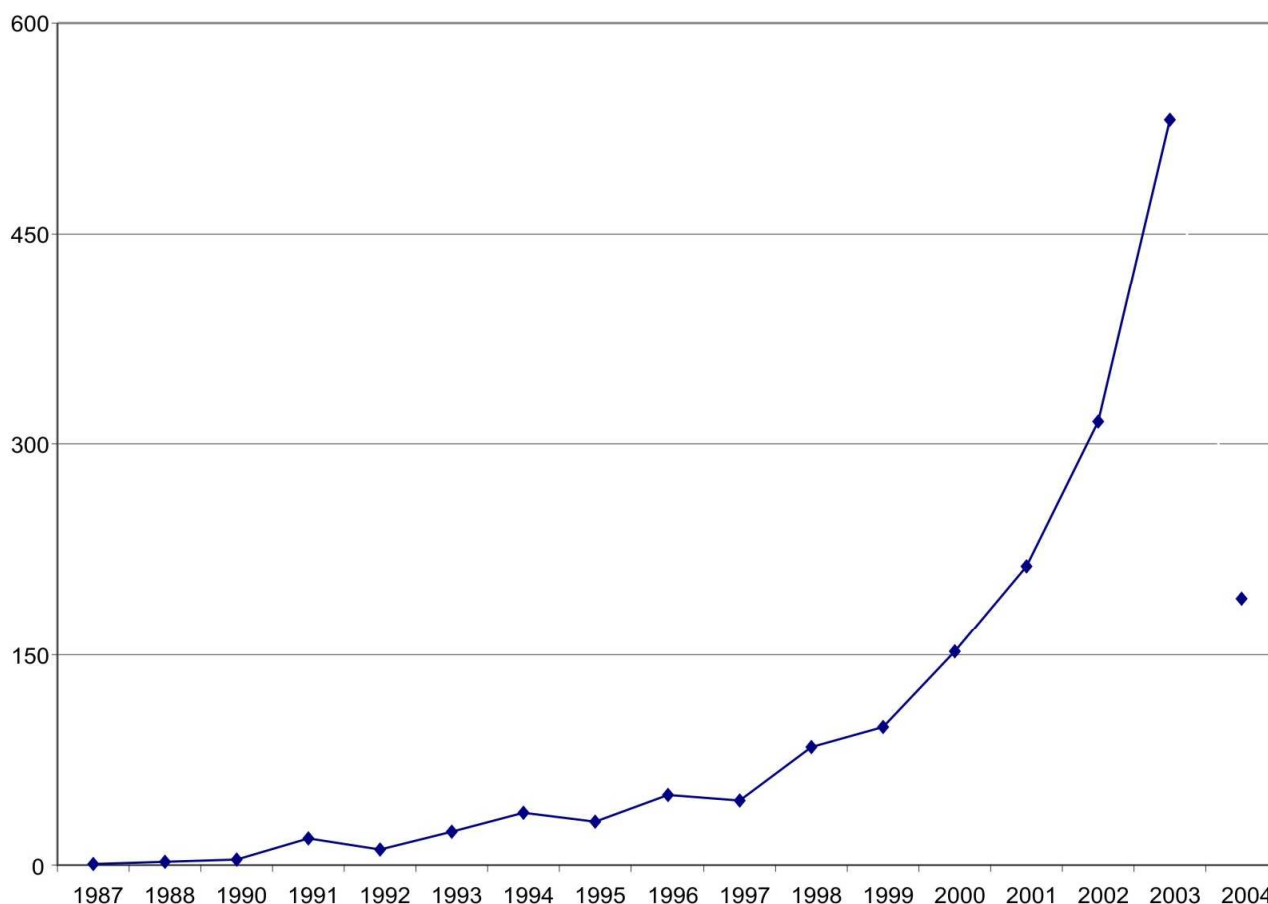
virtual con un software de programación a los microscopios, se puede generar un nanomanipulador de autoensamble y autoorganización. Esto significa que se puede programar al microscopio para que realice una serie de funciones repetitivamente hasta generar una estructura determinada, es decir, se desarrolla un proceso de autoensamble y autogeneración. Este es uno de los retos del desarrollo a amplia escala de la nanotecnología, ya que hasta ahora los métodos de autoensamble y autogeneración sólo pueden generar estructuras pequeñas con mucho tiempo de por medio, a pesar de que se han generado nanomanipuladores con microscopios en paralelo, lo que permite se realicen varias funciones al mismo tiempo. (Booker y Boysen, 2005) La autogeneración es una de las discusiones que giran en torno al desarrollo de la nanotecnología y la posible contaminación nanotecnológica (gray goo).

Por otro lado, se encuentran los procesos de fermentación, usados principalmente en la industria química, se refieren a los procesos actualmente conocidos de manipulación química pero con modificaciones que permiten la generación de nuevos compuestos con propiedades nanotecnológicas. Este es tal vez el proceso más avanzado en la producción a gran escala de nanotecnología, sin embargo es muy limitado en cuanto a su espectro de bienes que puede generar y aun se encuentra en proceso de desarrollo.

Sin embargo, el desarrollo de la nanotecnología implica no sólo los instrumentos, sino también las instituciones, los laboratorios y el personal especializado para su realización. Así, se han generado a lo ancho del mundo las instituciones nacionales e internacionales para promover y realizar la investigación en el campo de la nanotecnología. Por su parte, la mayoría de las universidades en todo el mundo han empezado a involucrarse en el campo de la nanotecnología, ya sea por medio de la investigación y el desarrollo o por medio de la formación de profesionistas e investigadores especializados, incluyendo la carrera en sus currículas. Esto puede verse en la tendencia del número de artículos publicados relacionados con la nanotecnología, el cual ha crecido durante los últimos años de forma notable.

Gráfica 10. Artículos sobre nanotecnología, 1987-2004.

Artículos sobre Nanotecnología



Fuente: Arencibia Jorge, et al, (2005) http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13_4_05/aci04405.htm

Por otro lado, la formación de profesionistas y especialistas en nanotecnología aun es débil y la percepción de los empleadores así lo refleja (Bankinter, 2006). Esto es relativamente comprensible ya que la formación en nanotecnología se debe dar en un marco multidisciplinario al cual aún no se ha llegado del todo y la nanotecnología es un área en desarrollo temprano, sobre todo a nivel industrial y productivo. Además, existen diferencias entre la formación del personal involucrado en nanotecnología, por un lado se encuentran científicos e investigadores altamente capacitados y por otro se encuentran los empresarios y personal gerencial y operativo con poca formación en el campo (Bankinter, 2006).

Estas condiciones muestran que la nanotecnología es un campo por desarrollar, sin

embargo ya existen avances importantes, sobre todo en el campo de la investigación científica. Otro de los factores importantes se refiere a la inversión privada. Actualmente las grandes empresas concentran la investigación desde el sector privado, el capital de riesgo ha entrado en escena con muy poca participación⁴⁴ y las pequeñas compañías aun no generan tasas de retorno que incentiven la inversión en ellas⁴⁵. A parte, el modelo de inversión en nuevas tecnologías por parte de las grandes empresas tiende a seguir un patrón basado en la absorción de pequeñas empresas con innovaciones rentables (Delgado, 2008) o un modelo de outsourcing en investigación y desarrollo (Chi Wu, 2005).

3.4. Principales sectores en el desarrollo de la nanotecnología

El desarrollo de la nanotecnología se ha dado en diversas áreas científicas y tecnológicas. Esto se explica por su carácter multidisciplinario y su relativa novedad. Sin embargo existe una serie de áreas generales en las que se están llevando a cabo las investigaciones y que de ellas se desprenden las demás. Estas áreas pueden, en principio, definirse en torno a su naturaleza, físico-material o biológico, a partir de ella se desenvuelven los campos generales, la electrónica/semiconductores, los materiales, la química-energética y biológica-medica.

Gráfica 11. Desarrollo de la nanotecnología por área

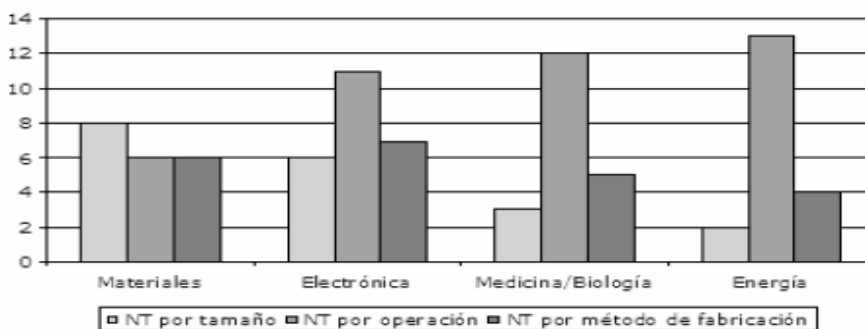


Ilustración 4: Tendencia de nanotecnología en cada área de aplicación

Fuente: Tomado de Bankinter, 2006

44 Esta es una diferencia con lo que sucedió durante el despliegue de la revolución electrónica, en la que el capital de riesgo jugó un papel importante.

45 Para 2005 se estimaba que el 30% de nanomateriales no satisfacían la calidad necesaria para su comercialización, aunado a esto se empezaron a generar empresas nanofaker (nanofalsificadoras) empresas sin ninguna patente ni colaboración con sociedades de investigación, lo cual llevo a analistas a advertir sobre el peligro de invertir en empresas nanotecnológicas (EURORESIDENTES, 2005).

En la Gráfica 11, podemos observar que estos cuatro campos presentan desarrollo en torno al tipo de investigación que se realiza. Es notable cómo el proceso de miniaturización (por tamaño) y los procesos de fabricación seguirán siendo los principales campos de desarrollo de la nanotecnología en las áreas de los materiales y la electrónica, esto se explica tomando en cuenta que son las áreas que más rápidamente pueden adoptarlos a nivel productivo. Por su parte, la medicina y la energía, presentan mayor tendencia a la investigación en la operación de la nanotecnología. En la medicina se explica por el tiempo que se requiere entre el desarrollo de medicamentos y equipos de diagnóstico, las pruebas que requieren hacer para poder lanzarlas al mercado y el tiempo de comercialización. Por su parte, en la energía a pesar de realizar un periodo de pruebas y experimentación amplio, el mayor desarrollo de la investigación en operación se explica por la aún importante influencia de los combustibles fósiles como principales fuentes de energía a nivel mundial, sin embargo, los cambios en el consumo hacia la electricidad abren un camino importante de desarrollo de nuevas fuentes de energía.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que la nanotecnología ha tendido a hacer difusas las fronteras entre áreas, ya que las investigaciones en materiales influyen en el comportamiento de las estructuras químicas o viceversa, a su vez, la medicina la química y los materiales se han complementado en su desarrollo, sin embargo, esta es una buena forma de acercarse a las áreas que están desarrollándose actualmente

Dentro de cada uno de estos campos se han generado divisiones y subdivisiones, como los solventes, los textiles, los lubricantes, los semiconductores, los instrumentos ópticos, los conmutadores, las baterías, las medicinas químicas, los aparatos de diagnóstico, etc., que muestran cada vez más que la nanotecnología ha empezado a abarcar prácticamente todos los ámbitos de la sociedad, al menos en teoría.

3.4.1. Materiales

Los materiales son uno de los principales campos de desarrollo y de mayor impacto actualmente (Bankinter, 2006). Se basan en el diseño de nuevos materiales y la modificación de los ya existentes, para generar -o descubrir- nuevas propiedades. Esto les da la posibilidad de integrarse en un amplio campo de bienes manufacturados como los textiles, los polímeros, las resinas, los metales, etc. El principal elemento en el que se están haciendo

avances importantes que pueden generar los próximos insumos estandarizados se encuentra en el carbono. El desarrollo de los buckyballs, los nanotubos de carbono y el grafeno se encuentran en esta área. Estos materiales presentan características que los pueden integrar en un sinnúmero de aplicaciones como la electrónica, la energía, la construcción, el medio ambiente, la medicina, etc. Es decir, tienen el potencial productivo más significativo.

El carbono se encuentra en casi todos materiales y organismos de la tierra. La estructura de los átomos de carbono se puede dar de diferentes maneras modificando las características en función a dicha estructura. Así, cuando el carbón, al combinarse con otros elemento, se estructura en cadenas cortas, generan gases, en cadenas largas genera sólidos blandos y en cadenas de dos o más dimensiones genera materiales duros (como el diamante). Las estructuras formadas por carbono presentan propiedades como la conductividad eléctrica y calorífica, la fuerza y la resistencia, la capacidad de contener otros elementos y no reaccionar con ellos, o reaccionar en forma dirigida, entre otras. Así, los productos obtenidos de él presentan las mismas capacidades que varían en proporción a su estructura. Como ya se ha visto, los principales productos en nanotecnología basados en el carbón son los buckyball y los nanotubos de carbono (Booker y Boysen, 2005).

Los buckyball tienen un potencial de aplicación en área de la medicina, la química y la electrónica, principalmente; tiene la capacidad de ser antioxidantes en el cuerpo humano, es decir, pueden absorber los radicales libres que se han relacionado con varias enfermedades y los procesos de envejecimiento. Por otro lado, pueden ser usados para lubricantes y productos químicos aumentando su efectividad y pueden contener elementos como el hidrógeno para evitar su dispersión y generar energía. También se pueden usar en la electrónica para generar los efectos cuánticos, lo que llevaría a una nueva generación de computadoras. Por otro lado, los nanotubos de carbono tienen una aplicación importante en la electrónica y los materiales. Al ser más amplios que los bucky, tienen la ventaja de dirigir corrientes eléctricas y funcionar como metales o semiconductores, esto los hace una de las principales áreas de desarrollo dentro de la industria electrónica y los semiconductores. Por otro lado, sus características los hacen más duros que el acero y otros materiales, casi tan duros como el diamante pero con mucho mayor flexibilidad, lo cual ha abierto el camino para explorar la creación de nuevas telas basadas en nanotubos, usadas principalmente en ropa militar. A partir de estos materiales se ha abierto la posibilidad de crear nanorobots y

nanofábricas, los cuales son básicamente estructuras de nanotubos con algunas modificaciones que les permitiría tener movimiento tipo engranes, que al conectarse con otros generarían pequeñas máquinas.

3.4.2. Semiconductores

El proceso de miniaturización ha hecho de este sector el más avanzado en el desarrollo de la nanotecnología. La nanoelectrónica se define como la investigación, fabricación, caracterización y aplicación de dispositivos de electrones funcionales menores a los los 100 nm. Según la Comisión Europea, el mercado mundial de la nanoelectrónica es el motor de todo lo que se hace hoy en nanotecnología y se estima que su desarrollo desemboque en una revolución industrial (Bankinter, 2006). Los principales beneficios serían: el menor tiempo de procesamiento de la información, mayor capacidad de almacenamiento, menor volumen de los dispositivos y mayor potencia para productos como computadoras, teléfonos, autos, aparatos electrodomésticos y electrónicos, maquinaria industrial, etc.

Sin duda, el principal desarrollo se ha dado en el campo de los semiconductores, pero se han generado otras áreas de desarrollo como la televisión, las baterías de los aparatos electrónicos, los sensores, las comunicaciones vía fibra óptica nanoestructurada, etc. La nanoelectrónica está abriendo el campo al desarrollo de la llamada espintrónica. El electrón tiene una carga electrónica negativa, sin embargo también presenta una rotación, actualmente, la electrónica se basa en la presencia o no de un electrón en el dispositivo. La espintrónica plantea que no sólo la presencia del electrón se puede interpretar, sino también el giro que éste da, así, si el electrón está presente y gira a la derecha es un dato, si gira a la izquierda es otro dato y si no existe es otro dato, ampliando el rango de información que se puede procesar. Actualmente se han dado avances en las formas de almacenaje de información relacionados con la espintrónica, estos avances han sido en la memoria RAM. La memoria RAM es la que almacena la información de procesos e instrucciones en la computadora, con la memoria MRAM que se está desarrollando, se dan avances importantes en la velocidad y cantidad de datos que la computadora puede procesar ya que no requiere se esté reescribiendo constantemente y es menos volátil que la RAM actual (Stan, Rose y Ziegler, 2008).

Otro campo que se ha abierto es el de la computación cuántica, ésta se basa en el

comportamiento de los electrones como ondas. Actualmente se toma al electrón como partícula que toma un valor entre uno y cero, con el electrón como onda puede tomar ambos valores a la vez, esto aumentaría la capacidad de procesamiento y la cantidad de información, a la vez que haría más rápido el proceso de búsqueda y procesamiento de información (Booker y Boysen, 2005). Éste es un planteamiento teórico, si bien ya se han dado avances en la dirección de crear computadoras cuánticas, aun está muy lejos su desarrollo productivo.

Lo que sí tiene un desarrollo más próximo es el campo de la generación de chips por medio de nanolitografía, ésta se basa en el mismo proceso de generación de chips actuales pero el grabado de los transistores (o caminos de los electrones) se hace por medio de rayo laser, o luz ultravioleta o por bombardeo de electrones. Estas técnicas han tenido un desarrollo notable aunque no se han considerado del todo nanotecnológicas sino más relacionadas con la microelectrónica actual (Liu y Chang, 2008).

3.4.3. Energía

En el campo de la energía, la nanotecnología presenta una posibilidad de desarrollar formas más eficientes de consumo y creación de energía, así como de su abastecimiento, lo cual puede generar menores costos y mayor protección al medio ambiente. Hay tres grandes tendencias en el desarrollo de la nanotecnología relacionada con la energía: la mejora de los productos y técnicas actuales, la creación de energía y el desarrollo de energía basada en el hidrógeno. En el primer caso se han desarrollado técnicas y productos que buscan mejorar las formas convencionales de creación y almacenamiento de energía en pilas y baterías actuales. En este sentido se han desarrollado las baterías de litio, que pueden mejorar considerablemente el tiempo de vida, el tiempo de carga y la eficiencia en el consumo de la energía en productos como las baterías de los computadores y de los electrodomésticos y los aparatos electrónicos (Brooker y Boysen, 2005).

La segunda tendencia busca la generación de energía por medios alternos a los actuales, es decir buscan alternativas al patrón energético basado en los combustibles fósiles. Esta búsqueda se ha hecho cada vez más necesaria por varios factores, el primero es la fuerte tendencia al agotamiento del petróleo a nivel mundial⁴⁶ y las fluctuaciones de

46 Se estima que las reservas actuales duraran aproximadamente 50 años sin grandes conflictos de

precio que ha presentado y que ha favorecido la especulación alrededor de él; otro factor tiene que ver con el alto coeficiente de contaminación que generan los combustibles fósiles; otra es la tendencia hacia el mayor uso de electricidad como principal forma de energía, y otra es que las energías alternativas actuales no han sido lo suficientemente eficientes en uno u otro sentido. Estos factores se conjugan en la necesidad de encontrar formas de energía alternativas y eficientes. La nanotecnología ha dado pasos en este sentido, se han desarrollado técnicas y mecanismos que buscan generar energía a través de procesos similares a la fotosíntesis de las plantas y se espera generar pinturas con esta capacidad. Esta alternativa está relacionada con la generación de energía eléctrica a través de la energía solar. También se han generado materiales que facilitan la transformación de energía eólica a través de molinos de viento con asás más eficientes, ligeras y resistentes. Otro de los procesos es a través de síntesis química por medio del agua y la creación de hidrógeno puro, que sería el combustible activo y que sólo generarían residuos de agua, evitando así la contaminación (Euroresidentes s/f, Bankinter, 2006).

La tercera tendencia está vinculada al hidrógeno como combustible y fuente de energía. Actualmente ya se han producido baterías y motores que funcionan con base en hidrógeno, sin embargo, su eficiencia es aún muy reducida y los materiales con los que se construyen muy caros. El hidrógeno puede ser utilizado como combustible por sus cualidades de alta combustión, pero es un elemento muy volátil y se dispersa fácilmente. Estos problemas pueden ser superados por desarrollos nanotecnológicos, su almacenamiento y distribución puede ser facilitado por los buckyball, ya que actúan como celdas que contienen hidrógeno sin reaccionar con él, manteniendo la presión y la temperatura estable y permitiendo almacenar hasta el 90% del hidrógeno (actualmente sólo se logra almacenar un 20% aproximadamente). También se han desarrollado motores a base de agua. El hidrógeno se encuentra en grandes cantidades en la tierra, pero no se le encuentra en estado puro, lo más cercano es el agua, que es la combinación de hidrógeno y oxígeno. Los motores de hidrógeno basados en agua funcionan separando el hidrógeno del oxígeno por medio de un metal que se oxida, es decir retiene moléculas de oxígeno liberando las de hidrógeno, durante este proceso se genera electricidad que alimenta el dispositivo y

abastecimiento, a partir de ahí empezaron a declinar las reservas internacionales, generando conflictos económicos, políticos y sociales

que regresa al proceso para generar agua por medio de electrólisis. Este proceso circular permite un alto grado de eficiencia y durabilidad de las baterías y los motores basados en hidrógeno, así como la posibilidad de generar grandes cantidades de energía eléctrica. La nanotecnología se ha vinculado con la generación de energía basada en hidrógeno al generar los materiales con las cualidades necesarias para reaccionar y descomponer las moléculas de agua a pequeña escala, lo cual posibilita la alta concentración de materiales y la generación exponencial de energía en pequeños dispositivos (Bankinter 2006).

Estas tres grandes tendencias son en las que giran las principales investigaciones nanotecnológicas relacionadas a la energía. Pero existen otras áreas como la eficiencia de los combustibles actuales por medio de aditivos nanotecnológicos que permitan una mejor combustión, el desarrollo de materiales que permitan una mejor distribución de la energía eléctrica, o el desarrollo de generadores de energía a escala nanométrica que podrían ser incorporados a equipos y aparatos de diversos tipos, entre otros.

3.4.4. Medicina

La medicina es uno de los campos que más investigación nanotecnológica presenta. Sin embargo hay alrededor de ella todo un debate, desde el tipo de investigación hasta las consecuencias de los productos generados. La medicina está relacionada al cuerpo humano y su funcionamiento, a los procesos biológicos dentro de él y a la relación del ser humano con la naturaleza. En este sentido, la relación de la medicina con la biología y la nanotecnología da como resultado una rama que se conoce como nanobiotecnología (Bankinter, 2006).

La nanotecnología en el campo de la medicina genera muchas expectativas, sin embargo por la naturaleza del proceso de desarrollo de nuevos productos en esta industria, su verdadero alcance sólo podrá ser visto en el mediano y largo plazo. Para poder lanzar un medicamento o tratamiento médico se requiere de un amplio periodo de investigación, pero sobre todo de las pruebas de eficiencia y toxicidad del producto, el cual pasa por dos fases, la primera es la experimentación en laboratorio con seres vivos no humanos, y la segunda es la experimentación en laboratorio con humanos. Este proceso puede tardar 20 años aproximadamente (Politi, Isolabella y Etchegoyen,s/f), aunque tiende a disminuir el tiempo y es el motivo por el que la medicina nanotecnológica es actualmente un gran potencial .

Entre las principales áreas que se están investigando dentro del campo de la medicina se encuentran: la aplicación de medicamentos, el diagnóstico, los medicamentos propiamente y la medicina personalizada. En el área de la aplicación de medicamentos, la nanotecnología puede ofrecer métodos no invasivos como la sustitución de las jeringas por sensores y parches que puedan hacer extracciones de fluidos corporales o administrar medicamentos al torrente sanguíneo; o la sustitución de píldoras por sustancias que pueden ser inhaladas y que llegarían más rápidamente al efecto deseado así como nanomáquinas que pudieran colocarse dentro del cuerpo humano y que automáticamente suministren medicamento en dosis predeterminadas, eliminando las formas actuales de administrar medicamento por medio de tiempos que el paciente debe seguir. Así mismo, se están desarrollando materiales que faciliten el tiempo y la forma de recuperación de pacientes, como férulas sintéticas, vendajes inteligentes, y hasta enfermeros virtuales (Bankinter, 2006, Brooker y Boysen, 2005).

Por otro lado, se encuentra el área de diagnóstico, en ésta se encuentran los nanorobots y tintas nanológicas que pudieran introducirse al cuerpo humano para identificar células dañadas, cáncer, virus, bacterias, y todo agente extraño dentro del cuerpo humano que pueda ser patógeno. También se encuentran los procesos de coscopia, en los cuales se sustituyen las cámaras dirigidas por medio de cables y fibra óptica a cámaras en pastillas, las cuales son dirigidas por medio de sensores electromagnéticos, lo cual a su vez facilita el viaje a lugares del cuerpo que actualmente no son alcanzados por los métodos tradicionales.

Por su parte, los medicamentos propiamente dichos, pueden tener un desarrollo importante, dentro de los más sobresalientes se encuentran las drogas quirales. La producción de medicamentos está enfocada al diseño de moléculas en el organismo con ciertas propiedades, sin embargo, la generación de dichas moléculas genera moléculas idénticas pero en dirección contraria (quiralidad), a pesar de ser químicamente idénticas, biológicamente no lo son, esto produce efectos secundarios que a veces pueden tornarse mayores que los beneficios⁴⁷, la nanotecnología puede evitar la generación de moléculas quirales y desarrollar sólo las moléculas necesarias para el tratamiento en cuestión. Este

47 Tal es el caso de la talidomida, la cual se recetó como sedante durante un tiempo en Gran Bretaña durante el periodo de 1959 a 1962 y se retiró del mercado por descubrir que era el causante de problemas graves en recién nacidos.

campo ha generado un gasto importante en el desarrollo de medicamentos basados en nanotecnología (Bankinter, 2006), ya que instituciones como la States Food and Drug Administration (FDA) publicaron especificaciones para incentivar el desarrollo de medicamentos con más pasos de investigación antes de lanzarlos al mercado y evitar los efectos secundarios provocados por el efecto quiralidad. Por otro lado, se encuentra el desarrollo de nuevos tejidos y sustitutos del cuerpo humano. Se desarrollan polímeros no invasivos al cuerpo humano que funcionen como implantes de huesos, piel, dientes, etc, que favorezcan los trasplantes y el tiempo de recuperación del paciente. Esta área está altamente vinculada con el desarrollo de la biotecnología, existen procedimientos que generan nuevos tejidos y órganos internos a través de células madre, pero requieren de materiales base sobre los que se desarrolla el tejido, y a su vez, dichos materiales requieren de una serie de características que con la nanotecnología se pueden lograr, como son el ser biodegradables, compatibles con las células, el pasar de ser materiales sintéticos a ser materiales biológicos, entre otras.

Otra de las áreas que esta íntimamente relacionada con la biotecnología es la de la medicina personalizada. Ésta se basa en el desarrollo de medicamentos a través de las características particulares de cada persona. Estas características están directamente relacionadas con la composición genética, el tipo de alimentación, el tipo de vida, los patrones de conducta y de consumo, con el ambiente social, etc. A partir de estos elementos, se pueden generar sensores de diagnóstico y medicamentos personalizados, lo cual reduciría drásticamente el tiempo de diagnóstico y de tratamiento de las personas, sin embargo aún está lejos de desarrollarse, por lo que sigue siendo una posibilidad.

3.5 Debates sociales alrededor de la nanotecnología

A partir del desarrollo de la investigación en el campo de la nanotecnología y su promesas, se ha generado un debate ético y social que cada vez es más importante. Asociaciones internacionales y nacionales han entrado en estas discusiones, como son el ETC Group, el PEN Projet, la ReLANS, Greenpeace, entre otras.

La primera discusión tiene que ver con la posibilidad humana de dar un paso trascendental en el dominio de la naturaleza al pasar de recrearla a crearla, es decir, la posibilidad de dominar a la naturaleza hasta el punto de ya no estar sometidos a sus leyes y

limitaciones. Esta posibilidad ha generado un debate en torno al punto o límite hasta el cual el ser humano puede modificar la naturaleza sin romper los distintos órdenes naturales, como el ecológico, el biológico, el energético, etc. Uno de los argumentos centrales es que el hombre en su desarrollo y sobre todo en los últimos años, ha creado más desequilibrios que todas las especies animales juntas, por lo que ha demostrado una ignorancia en torno a la naturaleza y su ciclo de vida, al crearla estaría dando pasos hacia un camino que no conoce y que tal vez nunca conozca, generando consecuencias impredecibles (ETC, Group, 2005a).

Otro de los argumentos y tal vez uno de los que más polémica causa, es el relacionado a la propiedad. La nanotecnología y en general los nuevos campos de investigación científica y tecnológica relacionados con la sociedad del conocimiento (genómica, biotecnología, neurociencia, bioprospección, etc) otorgan la capacidad de descubrir y modificar la naturaleza. Pero qué tanto puede ser legítima la apropiación de bienes y servicios que son patrimonio de toda la humanidad como los ciclos de vida, la capacidad de fotosíntesis, el genoma humano, o el genoma de plantas y animales, ya sean endémicas o no. Ante esta situación hay dos respuestas, la que niega dicha posibilidad por ser humanamente inaceptable, pues el ser humano es concebido como naturaleza y no puede apropiarse de ella, y por otro lado, está la respuesta de que la apropiación es de la información, de la investigación que se ha realizado y que ha tenido un costo económico que se debe recuperar, así la naturaleza está intacta, aunque la producción de ella sí es cualidad del que tenga la patente de su producción y conocimiento.

Estas discusiones giran en torno a los aspectos políticos, éticos, económicos y sociales de las implicaciones del desarrollo y la incorporación de la nanotecnología en la sociedad, son las discusiones centrales sobre las que giran los discursos en uno y otro sentido, pero alrededor de ellas se han abierto otros temas a debate.

La nanotecnología en la medicina es otro de los temas que se debaten. El ser humano es el principal actor de toda evolución científica, tecnológica, económica y productiva. Todo desarrollo impacta directamente al ser humano y la medicina es una de las áreas que mayor vinculación tiene con él. La posibilidad de crear máquinas y medicamentos que renueven células y tejidos o eviten y en algunos casos inviertan procesos naturales como el envejecimiento, hace que se cuestione la posibilidad y las repercusiones de una vida más larga del ser humano. Actualmente existen problemas como las pensiones y la jubilaciones,

el acceso a servicios de salud, el abandono de personas de la tercera edad, el envejecimiento de la población, entre otros, que con el desarrollo de una mayor expectativa de vida se podrían agravar. Por otro lado, el desarrollo de medicinas y tratamientos sigue dándose por parte de empresas privadas, la mayoría grandes empresas o transnacionales, las cuales orientan sus investigaciones hacia las enfermedades más rentables económicamente, dejando de lado aquellas que, a pesar de que tienen una gran incidencia en gran parte de la población mundial, sobre todo en países marginados, no presentan beneficios económicos⁴⁸ (Singer, 2008), aumentando con ello la brecha entre ricos y pobres. Estos tipos de situaciones generan la interrogante sobre la legitimidad de obtener ganancias a partir de lo que en teoría es un derecho universal, el derecho a la salud (Delgado, 2007). Este es un debate que muestra las problemáticas institucionales a saldarse con el desarrollo de las nuevas tecnologías disruptivas, fundamental en el camino de desarrollo que seguirán dichas tecnologías

Otra de las grandes discusiones alrededor de la nanotecnología es el de la contaminación, en ésta se plantea que si bien la nanotecnología puede eliminar la contaminación ambiental actual, tiene el potencial de generar nuevas formas de contaminación como la plaga gris, que serían nubes de nanorrobots autorreplicables que devorarían todo a su paso (ETC Group, 2002). Este es tal vez la discusión más popular⁴⁹ y a pesar de que ha llegado a catalogarse como ciencia ficción, lo que pone en el centro del debate es la capacidad de controlar los efectos no deseados resultantes del desarrollo de la nanotecnología en particular y de las nuevas tecnologías en general para evitar formas de contaminación que afecten a la naturaleza y al ser humano (Delgado, 2008. ETC Group, 2005b).

Otra discusión muy relacionada con la anterior tiene que ver con la dirección del desarrollo de la ciencia y la tecnología. Ésta es una discusión vieja que tiene que ver con la orientación y el uso que se le da al desarrollo científico y tecnológico y pasa por el tema de la neutralidad o no de la ciencia y la tecnología. La nanotecnología, tal vez más que otra de las

48 90% del dinero gastado en la investigación médica se centra en las condiciones que son responsables de sólo 10% de las muertes y discapacidades causadas por enfermedades a nivel mundial (Singer, 2008).

49 Esta discusión se inició entre Drexler, uno de los mayores defensores de la nanotecnología y que fue quien propuso la idea de la contaminación por nanorrobots, y Richar Smalley, que planteaba que dicha idea es prácticamente imposible de darse.

nuevas tecnologías disruptivas, se ha desarrollado en el ámbito de lo militar, hasta ahora es uno de los principales sectores que impulsa y financia el desarrollo y la investigación. Sin embargo, ¿hasta qué punto puede ser ético y legítimo que la ciencia y la tecnología sirva para someter y asesinar a otro ser humano o sociedad? (Delgado, 2008, Foladori e Invernezzi, 2005), obviamente, la mayoría de los científicos e investigadores están en contra de este hecho, pero es cierto que en el actual sistema social, los recursos financieros responden a objetivos específicos, en este sentido es una discusión que pasa por las mismas prioridades de las naciones y la visión que se tenga del mundo, discusión en la que la sociedad civil es fundamental para orientar los fines últimos de las naciones.

Por último, el desarrollo de la nanotecnología tendrá repercusiones económicas. Pero, ¿cuáles serán éstas?, ¿cómo afectarán a las naciones, en especial a las de tercer mundo? La nanotecnología abre la posibilidad de superar las limitaciones de recursos naturales por parte de las naciones, la de reciclar y generar nuevos materiales a partir de unos cuantos elementos, la de romper la dependencia a los combustibles fósiles, etc. Estas nuevas condiciones pueden generar grandes estragos en los países exportadores de materias primas y recursos naturales, reduciendo su balanza de pagos y sus términos de intercambio (Foladori e Invernezzi, 2005). A su vez, la nanotecnología puede generar el desplazamiento de las actividades productivas de bajo valor agregado y requerir la reorientación productiva y de capacidades por parte de los trabajadores, esto repercutirá desfavorablemente en los países con altas tasas de migración o trabajo barato relativo. Y a pesar de que no hay nada seguro para el futuro y las condiciones que puedan generarse, es necesario la planeación política y económica que lleve a los países a generar las mejores condiciones actuales y que les permita integrarse favorablemente en la próxima división internacional del trabajo. En este sentido, los países que no desarrollen una infraestructura fuerte en educación y desarrollo, así como las capacidades en la sociedad para interpretar de la mejor forma posible la información que gire a su alrededor, están destinados a padecer las trampas del desarrollo que hasta ahora los han caracterizado.

Así, la nanotecnología y su desarrollo ha sido resultado de la posibilidad teórica y de la generación de instrumentos y herramientas de la etapa actual del capitalismo, o mejor dicho de las fuerzas productivas del capitalismo actual. Para poder entender su desarrollo y las potencialidades a corto plazo es necesario estudiar el desarrollo de dichas fuerzas

productivas y entender su desarrollo y limitaciones. Ante estas limitaciones, se ha planteado una serie de propuestas tecnológicas que pudieran superarlas, la nanotecnología es una de ellas, con un potencial impresionante y una fuerte tendencia hacia el aumento de su investigación, sin embargo la nanotecnología sigue estando subordinada a los procesos propios de la etapa actual del capitalismo y sobre todo, de su lógica tecnoeconómica general y de la privatización de sus beneficios, sobre todo a los procesos de miniaturización de los componentes electrónicos y los semiconductores. Sin embargo, cada vez se diversifican más las áreas que han llamado la atención de la nanoinvestigación y desarrollo, como la electrónica, los materiales, la energética y la medicina. Sin embargo, así como se ha ampliado el espectro de áreas, se han ampliado los debates éticos, políticos, económicos y sociales alrededor de la nanotecnología. Todos estos elementos nos dan cuenta de un proceso que se está desarrollando y que tendrá cada vez más presencia en muchas de las actividades sociales. Sin embargo su alcance y desarrollo aun son potenciales.

Capítulo 4

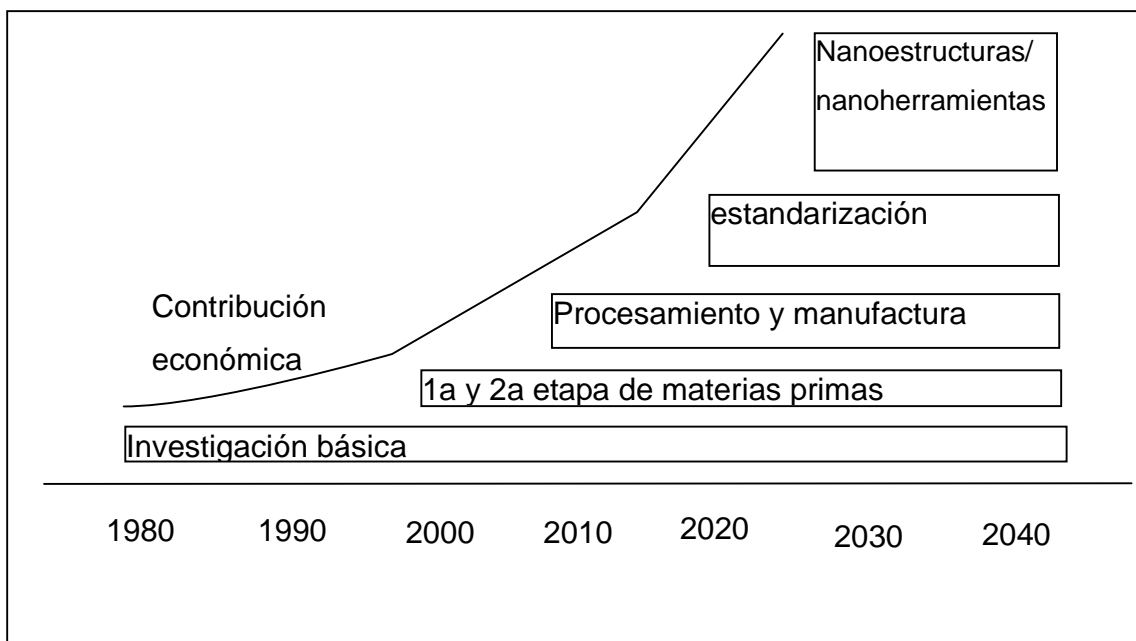
Economía de lo diminuto, implicaciones económicas de la nanotecnología

La nanotecnología sigue siendo una gran promesa, hasta ahora su desarrollo está en el ámbito de lo potencial, si bien es cierto que hay un camino avanzado, aún requiere del desarrollo del patrón industrial actual para poder generar los medios, mecanismos y conocimientos que le permitan despegar todo su potencial. En este capítulo se realiza un acercamiento a las principales tendencias en inversión por parte de los países, y las estrategias de desarrollo de la nanotecnología que están adoptando; se analizan algunos casos concretos que son significativos por importancia histórica y regional, así como por la dinámica de desarrollo que han presentado en los últimos años. Por último se plantea aquella visión que enfatiza en el potencial de la nanotecnología para convertirse en la base de la siguiente revolución industrial.

4.1. Inversión en nanotecnología y planes de desarrollo nacionales

Con base en la teoría del ciclo de vida del producto, Shulte (2005) plantea que el desarrollo de la nanotecnología podría atravesar las siguientes etapas. La primera inició en los años ochentas y se desarrolla durante todo el ciclo, se refiere a la investigación básica sobre todo en los ámbitos académicos e institucionales, con una progresiva inversión por parte de las empresas conforme avanza el ciclo. Esta etapa es en la que nos encontramos ahora, pero se está entrando a una segunda etapa, la cual se caracteriza como de las materias primas, en esta etapa se desarrollan las primeras aplicaciones de la nanotecnología a nivel productivo, sin embargo siguen siendo subordinadas o complementarias. En la siguiente etapa se inicia un proceso de manufactura a nivel comercial de una serie de productos, aunque sin relación concreta entre ellos y con baja intercambiabilidad y compatibilidad entre ellos, sin embargo los procesos de producción a escala empiezan a generar sus primeros frutos. Después se pasa a una cuarta etapa caracterizada por la generación de estándares y la producción a escala creciente, en esta etapa la penetración de los productos en los mercados está consolidada y abarcaría a todas las esferas de la vida social.

Gráfica 12. Fases de desarrollo de la nanotecnología y su penetración en la actividad económica



Fuente: Tomado de Shulte, 2005

Actualmente, el desarrollo de la nanotecnología está relacionado con la investigación, y como ya se ha mencionado, su principal motor ha sido el proceso de miniaturización en la industria de los semiconductores y la electrónica dirigida por la gran empresa transnacional. Sin embargo, cada vez más, los países y las empresas ven a la nanotecnología como estratégica y, en ese sentido, han hecho grandes inversiones en dicha área, sobre todo a partir del año 2000, en el que el presidente norteamericano Bill Clinton lanzó la *Iniciativa Nacional de Nanotecnología*, y desde entonces, otros países como Japón en 2001 y la Unión Europea en el mismo año lanzaron la suyas. Así, el crecimiento en inversión en nanotecnología por parte de los gobiernos ha crecido espectacularmente, al pasar de 432 millones de dólares en 1997 a 3,660 millones aproximadamente en 2004, con un crecimiento del orden de 850% (Rocco, 2005).

Cuadro 14. Gastos gubernamentales en I+D en nanotecnología 2000-2004
(Estimación en Febrero de 2004, datos en millones de dólares por año)

Región	2000	2001	2002	2003	2004 ^c
Europa Occidental	200	~225	~400	~650	~900
Japón	245	~465	~720	~810	~900
E.U.A. ^a	270	465 ^b	697 ^b	862 ^b	960
Otros	110	~380	~550	~800	~900
Total	825	1535	2367	3122	3660
(% de 1997)	(191%)	(335%)	(547%)	(722%)	(847%)

Notas: Europa Occidental incluye países de la UE-15 y Suiza; la tasa de cambio es \$1=€1.1 hasta 2002, €0.9 en 2003 y €0.8 en 2004; la tasa de cambio del yen es \$1=¥120 hasta 2002, ¥110 en 2003, ¥1.05 en 2004; Otros incluye Australia, Canadá, China, Europa del Este, Antigua Unión Soviética, Israel, Corea, Singapur, Taiwán y otros países con I+D en nanotecnología.

^a Un año financiero empieza en EU el 1º de octubre del año previo al calendario, seis meses antes en

la mayoría de los países.

^b El presupuesto real se registró al final del año fiscal respectivo.

^c Datos preliminares. Las estimaciones usan “nanotecnología” tal como se definió en Roco et al (2000); esta definición no incluye MEMS o microtecnología sin componentes de nanotecnología.

FUENTE: Tomado de Roco, 2005.

La consultora Lux Research ha creado un ranking mundial de penetración de nanotecnología basado en dos ejes (Bankinter, 2006):

1) Las actividades existentes en el propio país relacionadas con la nanotecnología, como investigación, Gasto en I+D por parte de las empresas, inversión pública, etc.

2) La fuerza que toma el desarrollo de la nanotecnología en el país, en este sentido se incluye la formación de recursos humanos, el gasto en I+D como porcentaje del PIB, la producción tecnológica como porcentaje del PIB, entre otros.

A partir de este ranking, ha clasificado a los países en cuatro grupos:

Los líderes nanotecnológicos, en el que están Estados Unidos, Japón, Corea del Sur y Alemania.

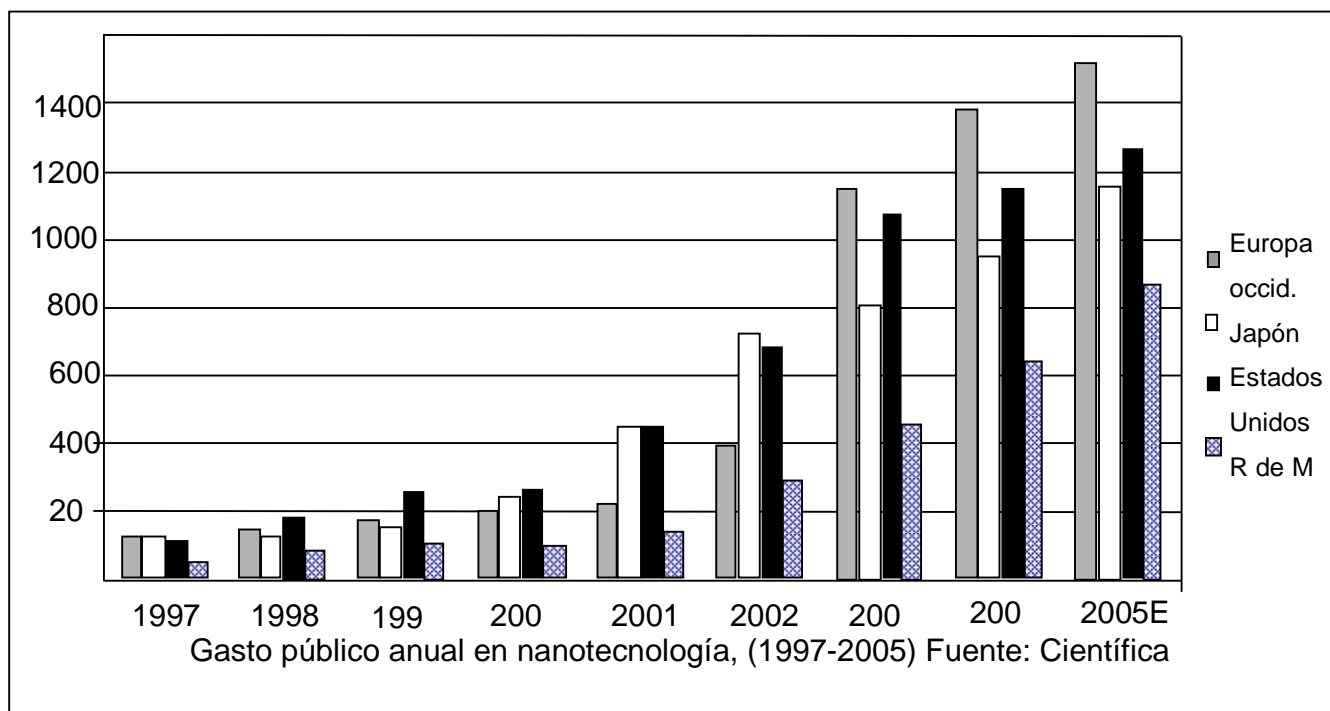
Los niche players, países con poca población y una elevada fuerza de desarrollo de tecnología, en este grupo están países como Taiwán, Israel y Singapur.

Los de alta actividad nanotecnológica pero débiles en desarrollo tecnológico, en este grupo se encuentran países como Francia y Gran Bretaña.

Países con un alto potencial de desarrollo a mediano plazo como China, Canadá, Australia, Rusia e India.

A pesar de que no todos los estudios de las consultoras investigan los mismos países, en general, estos concluyen que la tendencia mundial es la misma: una importante y creciente inversión, de forma exponencial, en nanotecnología a partir de 2001.

Gráfica 13. Crecimiento del Gasto publico en nanotecnología



Fuente: Tomado de Bankinter, 2006

Así, los países han generado estrategias de desarrollo de la nanotecnología con objetivos específicos, a continuación se explican algunas de ellas.

a) Estados Unidos

A partir de la *Iniciativa Nacional de Nanotecnología*, se generó una coordinación que incluía a 22 departamentos y agencias independientes, esta iniciativa ha recibido más de 6,500 millones de dólares hasta 2007. Entre los objetivos que promueve se encuentran el desarrollar el potencial de la nanotecnología a través de programas de investigación y desarrollo, el facilitar el paso a la comercialización de productos para fomentar el desarrollo económico, la creación de empleos y otros beneficios públicos, desarrollar los recursos educativos, de trabajo, infraestructuras y herramientas que favorezcan el desarrollo de la nanotecnología, y el uso responsable de esta tecnología.

Cuadro 15. Contribución de los principales departamentos federales y agencias a la inversión de la *Nacional Nanotechnology Initiative*

Millones de dólares por año: cada año fiscal (AF) empieza el 1º de octubre del año anterior y termina el 30 de septiembre

Departamento Federal o Agencia	AF 2000 ejercido	AF 2001 ejercido	AF 2002 Ejercido	AF 2003 ejercido	AF 2004 Asignado
Nacional Science Foundation (NSF)	97	150	204	221	254
Department of Defense	70	125	224	322	315
Department of Energy (DOE)	58	88	89	134	203
Nacional Institutes of Health (NIH)	32	40	59	78	80
National Institute of Standards and Technology (NIST)	8	33	77	64	63
National Aeronautics and Space Administration (NASA)	5	22	35	36	37
Environmental Protection Agency (EPA)	---	6	6	5	5
Homeland Security (TSA)	---	---	2	1	1
Department of Agriculture (USDA)	---	1.5	0	1	1
Department of Justice (DoJ)	---	1.4	1	1	2
Total	270	465	697	862	961
(% de 2000)	(100%)	(172%)	(258%)	(319%)	(356%)

FUENTE: Tomado de Roco, 2005.

Aproximadamente el 65% de los fondos aportados por la *Iniciativa* va dirigido a la investigación realizada en el ámbito académico, aunque también hay una fuerte vinculación de la academia con las empresas en el desarrollo de investigación aplicada. Desde el gobierno, las principales fuentes de inversión se encuentran en el ámbito de lo militar.

Sin embargo, la estrategia norteamericana se enfoca a la investigación y difusión de la nanotecnología y la orientación y coordinación de la investigación en varias de las áreas tecnológicas de nueva generación o tecnologías disruptivas –tratando de evitar la sobreinvestigación o la duplicación de investigación–, la creación de fuerza de trabajo especializada y la creación de infraestructura. En este sentido, para 2004 la iniciativa apoyaba alrededor de 2,500 proyectos de I+D, los cuales estaban repartidos de la siguiente manera: 65% en universidades, 25% en laboratorios de gobierno y alrededor del 10% en el sector privado, del cual 7% correspondía a pequeñas empresas y 3% a empresas grandes (Rocco, 2005).

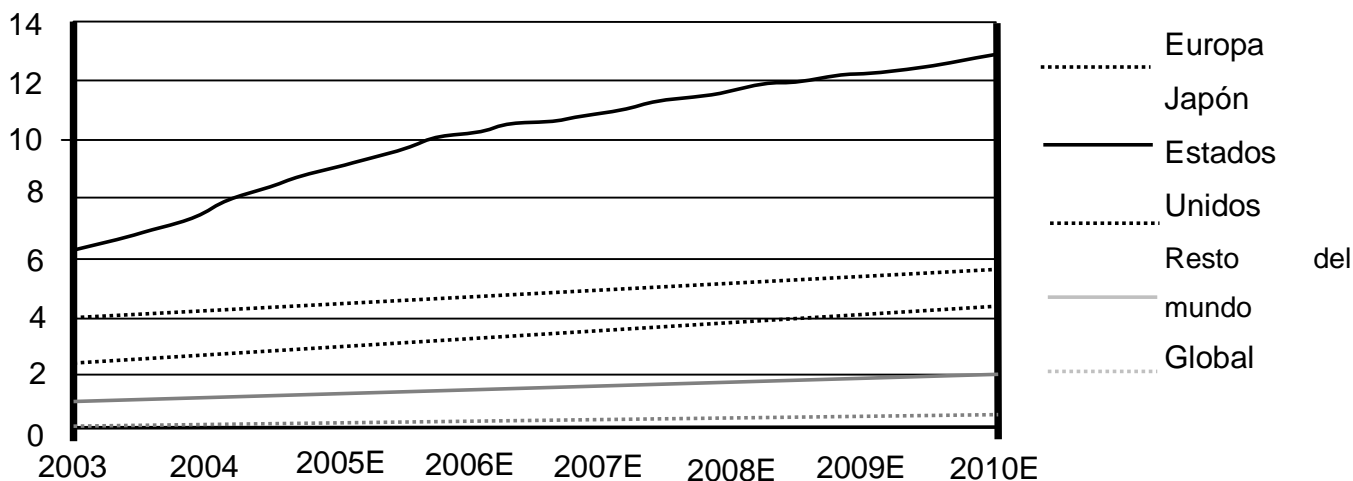
La investigación nanotecnológica en Estados Unidos se ha institucionalizado con la creación de leyes e instituciones, así, la Nano-Act 2003 es una ley que trata de oficializar y regular la investigación y la forma de asignar los recursos para este fin, sus objetivos principales son: a) el establecimiento de los objetivos, prioridades y métricas de evaluación para la investigación nanotecnológica; b) invertir en programas nacionales de investigación en nanotecnología y ciencias relacionadas; y c) proporcionar la coordinación entre agencias dedicadas al desarrollo de la nanotecnología. La primera medida fue crear el programa Nacional de Nanotecnología, el cual es coordinado por la *Iniciativa* y está formado por un panel de expertos y administradores, los cuales marcan las directrices de desarrollo y los planes estratégicos de acción.

b) Japón

Japón orienta su desarrollo nanotecnológico al mercado actual. Su visión está muy orientada a lo comercial y eso se hace patente en las iniciativas del gobierno que tienen como objetivo la mejora de los materiales que se utilizan en la fabricación de dispositivos y aparatos convencionales (Bankinter, 2006), en este sentido, se espera que la nanotecnología japonesa supere a la norteamericana en el corto plazo, al menos en el ámbito comercial, ya que se estima que una de cada tres grandes empresas japonesas invierte en I+D en

nanotecnología, sobre todo orientada a la mejora de materiales y dispositivos actuales. Japón es el segundo país que más inversión pública presenta y el primero en inversión per cápita para investigación nanotecnológica a nivel mundial.

Gráfica 14. Gasto gubernamental en I+D en nanotecnología, per cápita



Fuente: Tomado de Bankinter, 2006

La estrategia del gobierno Japonés se ha centrado en la creación de instituciones de fomento, la principal es el Instituto de Investigación Nanotecnológica, el cual centraliza todas las actividades nanotecnológicas dentro del Instituto Nacional de Ciencias y Tecnologías Industriales Avanzadas, que a su vez, es la principal institución gubernamental de investigación de Japón (Bankinter, 2006).

Por otro lado, Japón ha recurrido a la cooperación internacional como forma de impulsar y desarrollar sus acervos de conocimientos nanotecnológicos. Japón ha firmado acuerdos de cooperación y colaboración en nanotecnología con Estados Unidos. En Asia es uno de los principales países que conforman el proyecto AsiaNANO, cuyo objetivo es favorecer las investigaciones interdisciplinarias en áreas como la química, la física, la biología, los semiconductores, entre otros. También ha firmado acuerdos particulares con países europeos como Reino Unido, Suecia e Italia, pero no con la Unión Europea.

C) China

La nanotecnología en China es un campo relativamente novedoso, sin embargo su potencial como mercado crece drásticamente, se estima que en 2005 su mercado era de unos 5,400 millones de dólares, mientras que para 2010 se estima sea de aproximadamente 31,400 millones de dólares y para 2015 alcanzará los 144 900 millones de dólares (Bankinter, 2006). Esta posibilidad abre la puerta para la inversión en nanotecnología en este país.

El gobierno Chino ha generado un plan de desarrollo de nanotecnología. Desde el 2001 el Ministerio de Ciencia y Tecnología lanzó un Plan estratégico Nacional de Desarrollo de Nanotecnología para el periodo 2001-2010, formulado a partir de una consulta realizada con diferentes instituciones académicas y económicas del país. Con dicho plan, el gobierno chino se compromete a continuar con el desarrollo de la capacidad innovativa y el avance de la tecnología, así como impulsar las aplicaciones industriales relevantes de acuerdo al objetivo de desarrollo nacional en el largo plazo (Gu y Shulte, 2005). En este sentido, se plantea en el corto plazo el desarrollo de aplicaciones basadas en nanomateriales, en el mediano plazo el desarrollo de la bionanotecnología centrada en el área de medicamentos y en el largo plazo el desarrollo de nanoelectrónica y nanochips.

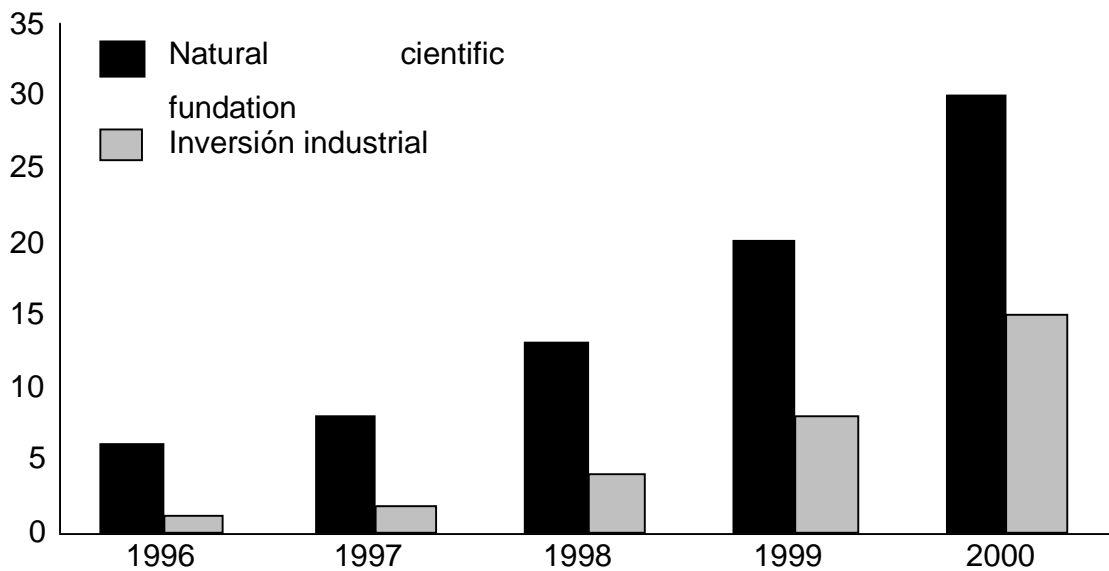
El plan hace énfasis en la mejora de la investigación básica y aplicada de la nanotecnología; explorar las posibles aplicaciones tecnológicas dependiendo de los requerimientos del mercado y en línea con los objetivos de desarrollo nacional; promover la industrialización de la nanotecnología con la mira en la producción de masas, la educación y la investigación; el establecer un centro nanotecnológico y la formación progresiva de un sistema nacional de innovación tecnológica (Gu y Schulte, 2005).

Las principales claves del desarrollo nanotecnológico en China son: la alineación de la investigación y desarrollo con los requerimientos del mercado, la acelerada investigación multidisciplinaria y la comunicación, la forma que han adoptado en el tema de los derechos de propiedad y la alineación de la política de innovación con el desarrollo de la nanotecnología (Gu y Schulte, 2005)

Para el logro de los objetivos, el gobierno chino ha empezado el desarrollo de centros y bases de investigación y desarrollo nanotecnológicos en coordinación con los gobiernos locales, las universidades y las industrias relacionadas que son soportados, a su vez, por

grupos de científicos, técnicos, administradores, industriales e inversores. Este tipo de política ya ha sido desarrollada en otros ámbitos y busca la sinergia entre la tecnología, el capital industrial y el capital financiero. Esta política ha generado una creciente inversión en nanotecnología por parte del gobierno, pero también del sector privado, el cual se espera, supere la inversión pública para el 2010.

Gráfica 15. Inversión china en nanotecnología por fuente



Inversión normalizada de la Natural scientific foundation y de la industria (China)
Base de referencia unidades de inversión industrial en 1996

Fuente: Gu y Schulte, 2005

Este tipo de política ha tendido a focalizar las zonas de desarrollo nanotecnológico en tres áreas geográficas, la de Beijing, la de Shanghai y la de Shenzhen, que son en general los principales centros manufactureros chinos y donde la vinculación industria-gobierno-universidad se da con mayor facilidad. Este tipo de política muestra una clara orientación hacia objetivos específicos de acuerdo a un plan general de desarrollo nacional, lo cual posibilita un desarrollo amplio y sostenido en el corto y mediano plazo.

d) Corea del Sur

Este país se ha caracterizado en los últimos años por su rápido crecimiento basado en tecnologías de última generación. Así, Corea es uno de los países en el mundo que más ha incrementado sus niveles de Gasto en I+D y con ello ha generado una tradición de investigación e innovación fomentada desde el gobierno. En este sentido, a partir del 2001, el gobierno coreano formuló un ambicioso plan de diez años en el que se han seleccionado seis campos de importancia estratégica en el desarrollo de la tecnología por su rápido crecimiento. Estos campos son la nanotecnología, la biotecnología, las tecnologías de la información, la tecnología ecológica, la tecnología espacial y los contenidos tecnológicos. En el ámbito de la nanotecnología, Corea presentó un programa de fomento a la nanotecnología basado en tres fases, la primera busca la generación de investigación básica y la generación de las condiciones necesarias para el desarrollo de la nanotecnología como la infraestructura, equipo y el personal especializado, en esta etapa el motor principal es el gobierno. En la segunda etapa se busca la mayor participación de la inversión privada en el desarrollo de la investigación y una menor participación del gobierno, sobre todo en las condiciones instaladas. La tercera etapa pretende dar el salto a una mayor participación de la empresa privada en el desarrollo de la nanotecnología, tomando el lugar de motor de desarrollo de dicha tecnología (Lee y Choi, 2005).

Cuadro 16. Plan coreano de inversión en nanotecnología a 10 años
(Unidades en billones de wones)

Clasificación	Primera Fase (01 a 04)			Segunda Fase (05 a 07)			Tercera Fase (08 a 10)			Total
	Gob.	Priv.	Sub-total	Gob.	Priv.	Sub-total	Gob.	Priv.	Sub-total	
Investigación	233	50.5	283.5	267	158	425	267	237	504	1,212.5
Mano de obra	35.5	---	35.5	26.5	---	26.5	21.5	---	21.5	83.5
Instalaciones	73.6	31.8	105.4	32.7	12.6	45.3	26.7	11.6	38.3	189
Total	342.1	82.3	424.4	362.2	170.6	496.2	315.2	148.6	563.8	1485

FUENTE: Tomado de Lee y Choy, 2005.

La política de desarrollo de nanotecnología coreana se centra en el desarrollo de nanomateriales y nanoelectrónica, tomando como punto de partida las empresas que se han

especializado en las áreas de los semiconductores y la electrónica, así como el desarrollo de la nanobiología. Esta estrategia se basa en las limitantes del desarrollo actual de los semiconductores y a partir del programa coreano de *Frontera en Investigación y Desarrollo para el Siglo 21*, se establecen las directrices de desarrollo en nanotecnología de materiales y electrónica. Se trata de un programa en tres fases, la primera establece el desarrollo de nanodispositivos básicos, la segunda fase intenta el desarrollo de procesos de integración en los nanodispositivos y la tercera fase intenta el desarrollo de nanodispositivos y nanoproducidos.

Este plan intenta a su vez, fomentar la creación de personal especializado en las áreas relacionadas, para lo cual invertirá en el fomento a carreras como física, química, biología e ingeniería. Esto es fundamental, ya que la política intenta seguir el patrón actual de subcontratación de investigación en universidades, laboratorios nacionales e industrias especializadas (Lee y Choy, 2005).

e) Unión Europea

La Unión Europea, desde su fundación ha planteado como una de sus tareas el fomento y la cooperación tecnológica entre sus miembros. En este sentido, se ha creado una serie de programas y proyectos encaminados a fortalecer la presencia científica europea a nivel mundial. Dentro de estos programas se intenta fomentar el desarrollo en áreas estratégicas como las tecnologías de la información, las ciencias cognitivas, la biomedicina, y la nanotecnología. Actualmente se encuentra en funcionamiento el *Séptimo Programa Marco*⁵⁰, el cual aporta un tercio del gasto público en el desarrollo de nanotecnología, los otros dos tercios provienen de programas nacionales y regionales (Bankinter, 2006). El objetivo en el área de nanotecnología se encuentra a mediano y largo plazo. A mediano plazo se intenta crear aplicaciones que mejoren los productos ya existentes, mientras que a largo plazo se propone la creación de aplicaciones completamente nuevas que inicien un nuevo ciclo tecnológico.

Así, el objetivo es desarrollar aplicaciones, debido a que el desarrollo de investigación teórica ha tenido un importante avance en esta región, mientras que ha cedido el paso a otros

50 Los programas Marco se revisan cada 3 o 4 años y en ellos se delimitan los campos científicos en los que se centrará la inversión pública de la Unión Europea.

países el desarrollo de aplicaciones⁵¹, situación que intenta revertir.

El objetivo general del programa es el desarrollo de instrumentos financieros que generen un espacio europeo de investigación, en este sentido, se intenta fomentar la investigación y la vinculación institucional entre gobiernos, universidades y empresas, favoreciendo y financiando los proyectos presentados en conjunto por varias entidades.

En el caso concreto de la nanotecnología, la Comisión Europea lanzó el documento "*Hacia una estrategia europea de las nanotecnologías*" en el cual se plantean cinco pilares fundamentales para la adopción de iniciativas (Bankinter, 2006). Estos son:

La investigación y el desarrollo, impulsando el gasto público de los estados miembros en esta materia y fomentando la competencia y la coordinación entre políticas y programas nacionales y regionales.

La infraestructura, en la cual se destacan tres necesidades claves: maximizar el rendimiento de la ya existente; construir la necesaria para el desarrollo de la nanotecnología; y estudiar la posibilidad de una sinergia y cooperación financiera entre el Banco Europeo de Inversiones, El Fondo Europeo de Inversión y los fondos estructurales.

Inversión en recursos humanos, por medio de la formación de comunidades académicas, creación y fortalecimiento del aspecto educativo, sobre todo en áreas de ingeniería y posgrado, y la colaboración entre universidades europeas (Programa Erasmus Mundus).

Innovación industrial, que intenta fortalecer las diferentes fases de comercialización de las nanoaplicaciones y productos, así como el impulso a la inversión industrial en nanotecnología por medio de mecanismos hacendarios en cada uno de los países, así como un mayor apoyo en los procesos de patentamiento.

Y por último, fortalecer la información y la participación de la ciudadanía en las distintas esferas de discusión sobre riesgos y potencialidades, así como en la creación de las legislaciones y reglamentaciones asociadas a la nanotecnología, para generar el mejor ambiente posible de aceptación por parte de la ciudadanía de esta nueva tecnología.

A parte del Programa de Fomento a la Investigación Científica, la Unión Europea ha creado la *European Nanobusiness Association*, la cual es una organización sin ánimo de

51 Para el periodo de 1997-1999, el 24% de los artículos publicados en el tema correspondían a los Estados Unidos, mientras que el 32% a Europa, mientras que Estados Unidos patentaba el 42% de las aplicaciones contra un 36% de Europa

lucro creada para facilitar el posicionamiento económico de Europa en el mercado de nanotecnología. Para lograr el objetivo, se han trazado tres ejes fundamentales: identificar las barreras que impiden el desarrollo de la nanotecnología, identificar las nanotecnologías clave para impulsar y desarrollar la competitividad europea, y facilitar el paso de la investigación en laboratorio a la producción e industrialización de productos.

Actualmente se ha desarrollado una séptima versión del programa Marco que destinará unos 4,832 millones de euros entre el 2007 y el 2013 para el desarrollo de la nanotecnología, en esencia sigue el plan desarrollado en el anterior programa, sólo que se ha reestructurado en cuatro líneas de acción: la cooperación entre universidades, industrias y autoridades; la creación de un consejo de investigación autónomo; la formación, movilidad y la generación de carrera profesional de investigadores europeos; y el financiamiento de actividades que mejoren las capacidades de investigación e innovación en Europa (Bankinter, 2006).

f) América Latina

El desarrollo de la nanotecnología en América latina es relativamente nuevo. A excepción de Brasil, que inició su programa de investigación en nanotecnología desde el año 2000 por medio de una agenda de trabajo nacional, los demás países han iniciado la carrera nanotecnológica a partir del año 2004 aproximadamente. Esto se explica en cierta medida por el rezago estructural de la región en materia de ciencia y desarrollo, así como en educación, salud y producción. Sin embargo, al abrirse una posible ventana de oportunidad en materia tecnológica, se ha hecho necesario la creación de programas institucionales que fomenten el desarrollo en áreas específicas, situación que se está presentando en la región.

Es interesante el desarrollo de la discusión nanotecnológica en América Latina. Ésta ha contemplado paralelamente la discusión sobre las implicaciones sociales y políticas del desarrollo de la nanotecnología en círculos académicos, así como la discusión sobre la necesidad de la formación de políticas públicas orientadas al desarrollo y a la gestión de la nanotecnología. Estas discusiones han derivado el desarrollo de grupos internacionales de académicos como ReLANS, ETC group, REGINA, o NANOMex, entre otros.

Por otro lado, estos mismos rezagos estructurales se han generado históricamente en

distintos grados, ya que hay países de la región que presentan problemáticas más profundas que otros. Esto viene a cuento porque en términos de desarrollo de la nanotecnología se observa un mayor dinamismo en Brasil, Argentina y México, que son los países con mayor desarrollo económico y social. Sin embargo, el desarrollo de la nanotecnología en dichos países presenta caminos y formas distintas (Záyago y Rushton, 2008), mientras que en Brasil el apoyo institucional ha sido una constante, en Argentina el desarrollo de la nanotecnología ha estado envuelta por la situación política del país y se ha encontrado en el centro de debates públicos sobre el qué hacer y las formas de operar del gobierno. Por otro lado, en México, el desarrollo de la nanotecnología se ha dado en el espacio *subterráneo* de la academia, la cual, sin ser escuchada, ha pugnado por la generación de instituciones y programas nacionales y estratégicos que fomenten el desarrollo de la nanotecnología, como una de las áreas básicas de desarrollo tecnológico a mediano plazo; paradójicamente, los avances en esta área han estado bastante vinculados con las investigaciones que se realizan en los Estados Unidos (Delgado, 2007b) . En seguida se analizan los casos de estos tres países.

f-1) Brasil

Desde el año 2000, en Brasil se ha generado una serie de iniciativas encaminadas al desarrollo de la nanotecnología. En dicho año, el Ministerio de Ciencia y Tecnología llevó a cabo una reunión con investigadores y académicos para generar una agenda de trabajo encaminada al desarrollo de la nanotecnología. De esta reunión se impulsó la generación de redes de cooperación científica en los campos de nanomateriales, nanobiología, nanotecnología molecular, y nanodispositivos semiconductores, con una inversión por parte del gobierno de un millón de dólares. Para el 2004, se destinaron 28 millones de dólares para el desarrollo del *Programa de Desarrollo de Nanociencias y Nanotecnología*, el objetivo del programa es el “desarrollo de nuevos productos y proceso de nanotecnología con la intención de incrementar la competitividad de la industria brasileña”⁵². Para el año 2006 los fondos federales ascendieron a 30 millones de dólares. Dentro del programa de nanociencia y nanotecnología, se creó la red BrasilNANO, la cual incorpora compañías y centros de

52 Záyago y Rushton, 2008

investigación para acelerar el desarrollo industrial y comercial de las nanotecnologías (Záyago y Rushton, 2008). En 2006 se destinaron importantes recursos para el desarrollo de infraestructura, principalmente laboratorios.

Así, Brasil ha generado un avance en relación a todos los países de la región, su plan de desarrollo de nanotecnología propone acciones de implantación de apoyo a los laboratorios y redes de nanotecnología y de fomento a proyectos institucionales de investigación y desarrollo en Nanotecnología. Por otro lado, esta tecnología se ve como una de las principales áreas estratégicas en la política económica, así lo hace patente en el documento de Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior de 2004, del cual se desprenden 10 redes de investigación cuyo perfil de investigación refleja la orientación a las aplicaciones industriales (Invernizzi, 2008).

Brasil concentra aproximadamente el 1% del total de conocimiento en nanotecnología, a su vez, se han generado acuerdos de cooperación entre centros de investigación nacionales con grandes empresas extranjeras. Pero también están participando en el desarrollo de la nanotecnología brasileña empresas nacionales como Petrobras, y sectores industriales brasileños como la aeronáutica y la satelital (Delgado, 2007b).

f-2) Argentina

Argentina tiene un plan de desarrollo de nanotecnología, sin embargo su formación se ha dado en un contexto de polémica y lucha política. En 2004 se realizó el primer taller sobre nanociencia y nanotecnología en Argentina, promovido por la Secretaria de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. En este taller se expuso el estado de la nanotecnología en la Nación y de él se llegó a la conclusión de la necesidad de conformar una red nacional que reuniera a científicos que trabajaran en el área de nanociencia y nanotecnología, así como a la elaboración de un documento preliminar en el que se plantearan las ideas y recomendaciones que el gobierno debería tomar en cuenta para un futuro programa de vacancia. Para ese mismo año, se lanzó la convocatoria para presentar proyectos a dicho programa y fueron seleccionados cuatro, a los que se les otorgó una asignación de 3 millones 500 mil pesos argentinos aproximadamente. Alrededor de estos proyectos se estructuraron las redes en nanotecnología reconocidas y financiadas hasta mediados de 2007 (Adrini y Figueroa, 2008).

Para 2004, la nanotecnología dejó de ser un tema de desarrollo científico y tecnológico para apoderarse de las vitrinas políticas. Se creó por decreto presidencial la *Fundación Argentina de Nanotecnología* con un presupuesto de 10 millones de dólares para trabajar por cinco años, esta fundación estaría a cargo del Ministerio de Economía y Producción. Sin embargo, la forma en que se conformó la fundación y una serie de declaraciones anteriores del Ministro de Economía, generaron un clima de discusión polarizado en la sociedad argentina, sobre todo en los círculos académicos y científicos. Al crearse la fundación por decreto presidencial, se creó una contradicción, pues ese tipo de instituciones e iniciativas deben ser planteadas y gestionadas por el Ministerio de Educación. A parte, su cargo debería estar bajo la dirección de este mismo Ministerio y no a cargo del Ministerio de Economía. Esto generó una reacción por parte de científicos de varias organizaciones académicas, y el ambiente se tensó aún más cuando el Congreso argentino pidió información al Departamento de Defensa de Estados Unidos, cuyos informes comprobaban la conexión entre el financiamiento de las investigaciones argentinas con el departamento de Defensa de Estados Unidos. Aunado a esto, el Ministro de Economía había realizado una serie de declaraciones que enfatizaban el tipo de investigación atrasada que se llevaba a cabo en Argentina, así como el ofrecimiento de apoyo a las investigaciones en nanotecnología argentinas por parte de Lucient Technologies., empresa de dudosa reputación y que imponía estrictos estándares y líneas de investigación (Zayago y Rushton, 2008).

Esta situación, el gobierno argentino supo convertirla en oportunidad. Después de cambios en el Ministerio de Economía y del cambio de director de la Fundación y la ruptura con la empresa, se inició un nuevo plan, en el que se crearon cuatro redes de investigación y un Ministerio Especial de Ciencia y Tecnología que subordinó a la Fundación.

Así, por medio de la Fundación renovada, se pretende otorgar instrumentos de financiamiento a las aplicaciones de conocimiento nanotecnológicos en el desarrollo de nuevos productos que generen nuevas empresas o que incrementen la productividad de las ya existentes (Andrini y Figueroa, 2008). También se adoptó una nueva forma de recibir proyectos en forma abierta, que no dependan de convocatoria, y que pueden venir de diferentes empresas o instituciones.

4.2 La nanotecnología en México

México, a diferencia de otros países latinoamericanos, no tiene un plan de desarrollo de nanotecnología. El desarrollo de este campo, se ha desarrollado a través de iniciativas individuales dentro de las instituciones educativas y científicas, por medio de programas de cooperación internacional, sobre todo con los Estados Unidos y Europa y por medio de empresas con investigación y desarrollo aunque es su mayoría vinculadas al exterior.

La formación de un plan nacional de desarrollo nanotecnológico se ha ido postergando desde 2002, año en el que pasa a ser reconocida como una de las áreas de investigación estratégica. En el Programa Especial de Ciencia y Tecnología para el periodo 2001-2006 elaborado por CONACYT, ya se plantean las áreas de interés para su fomento y se hace una introducción a las condiciones materiales y tecnológicas para su desarrollo. Y a pesar de que dicho programa hace un llamado a la necesidad de generar un programa nacional en la materia, no se llevó a cabo. El Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 también coloca a la nanotecnología como estratégica en el área de la energía, y propone un programa especial de desarrollo nanotecnológico, que a pesar de no contar con la instrumentalización y una propuesta de recursos, no incentivó la creación del plan nacional de desarrollo nanotecnológico (Foladori y Zayago, 2008). Así, el desarrollo de la nanotecnología ha tenido que buscar otros caminos.

El primero de esos caminos es la realización en instituciones de investigación superior y centros de investigación adscritos a universidades. Tal es el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana y la Universidad de San Luis, entre otras. Sin embargo, la creciente disminución de recursos para la educación y la investigación científica y tecnológica en el país ha llevado a las instituciones e investigadores a buscar financiamiento en el extranjero, por medio de convenios de colaboración bilateral o multilateral, el cual es el segundo camino que ha llevado el desarrollo de la nanotecnología en México. Así las condiciones mexicanas han favorecido la vinculación con las instituciones norteamericanas y europeas, pues se tiene una serie de convenios entre universidades de ambos países y programas bilaterales de cooperación científica como la Fundación México- Estados Unidos para la Ciencia. Dentro de estas colaboraciones también se encuentran algunas empresas transnacionales como HP, IBM, Motorola, entre otras y centros de investigación relacionados con la industria militar norteamericana como Sandia

Laboratory. Esta forma de desarrollo de la nanotecnología en el país ha empezado a generar vínculos regionales de investigación, que se expresan en forma de corredores internacionales, generando sinergias de desarrollo, pero a su vez, generando también subordinación a los proyectos norteamericanos y a las necesidades marcadas desde este país. Esta situación puede fortalecer la creación de nanotecnología que satisfaga las necesidades industriales y de producción de las empresas localizadas en las principales zonas industriales de la frontera, sin embargo, la mayoría están localizadas en territorio estadounidense y las localizadas dentro del territorio nacional corresponden a las grandes empresas manufactureras mundiales.

El tercer camino es principalmente potencial y está relacionado con el camino anterior, se basa en la estrategia de la creación de corredores industriales y parques industriales de alta tecnología, estas iniciativas han sido lanzadas por gobiernos locales con el fin de atraer Inversión Extranjera Directa, sin embargo, su desarrollo aun está en duda, sobre todo por las condiciones de competencia extranjera que presenta México. La creciente fuga de industrias del país⁵³ y la centralización de producción hacia el extranjero por medio de maquiladoras, no permite la creación de conocimientos ni la innovación, además, la falta de una política orientada a la creación de trabajadores especializados limita el potencial de dichas estrategias. A pesar de esto, existen empresas realizando I+D en México, sobre todo en áreas como el cemento, la automotriz, la química y la farmacéutica.

4.2.1 Capacidad de investigación en México

Se han identificado alrededor de 56 instituciones públicas de investigación académica en las que se lleva a cabo investigación nanotecnológica (SE, 2008). Entre éstas, se incluyen institutos de investigación del sistema CONACYT y sectorizados, como el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), entre otros. Entre los principales campos o áreas se encuentran la simulación computacional, la electrónica, nuevos materiales, química, biología, farmacéutica y teoría. Así mismo, se han identificado aproximadamente 450 investigadores y cada vez son más las instituciones de

⁵³ Dentro de las encuestas realizadas se mencionó el caso de la empresa Motorola, la cual se ubicaba en México y realizaba investigación en el campo de los semiconductores, sin embargo la empresa emigro a China llevando con ella investigaciones que se desarrollaban con expertos mexicanos

educación superior que desarrollan áreas de investigación y programas académicos y de formación en la materia haciendo de la nanotecnología una nueva área escolar.

Se cuenta con bastante infraestructura, sin embargo, en la mayoría de los casos sus características son básicas en relación a las necesidades de investigación y desarrollo, sólo algunas instituciones cuentan con el equipo especializado y de vanguardia que requiere la investigación en este campo, entre estas instituciones se encuentran la UNAM, el CINVESTAV y el IMP. Un problema frecuente es la falta de recursos para la obtención de nuevo equipo e infraestructura, sin embargo, en algunos centros se han empezado a crear instrumentos propios, lo cual puede ser una ventaja en el terreno de la investigación, tal es el caso de la UNAM, cuyos investigadores han desarrollado desde instrumentos físicos hasta software. Sin embargo, el paso hacia la comercialización y el desarrollo de instrumentos para la industria sigue siendo dominado por las grandes empresas internacionales y no se vislumbra posibilidad de desarrollar una análoga en México.

Una de las principales formas de medir el desarrollo de la ciencia y la tecnología, y en este caso de la nanotecnología en México, es por medio de la percepción de investigadores y especialistas. Para lograrlo, se realizó un estudio de campo basado en encuestas directas a investigadores de diferentes instituciones, áreas de estudio y enfoques. En general se percibe que la nanotecnología tiene un buen desarrollo en México, sin embargo, presenta dificultades como la falta de un programa de desarrollo de nanotecnología, la disparidad entre investigaciones, instituciones que realizan investigación de punta y otras que sólo repiten procesos y programas ya realizados en otras partes del mundo. Aunado a esto, se percibe también, la falta de una clara delimitación de áreas de desarrollo dentro de la nanotecnología a nivel nacional, lo que ha hecho que los recursos a ella destinados no sean claramente eficientes, habiendo investigaciones que no han arrojado resultados prácticos en varios años con otras que actualmente ya tienen fases de prueba y de comercialización⁵⁴.

Una de las principales limitaciones para el desarrollo de la nanotecnología es la vinculación

⁵⁴ Tal es el caso de la investigación en medicamentos contra el cáncer realizada en la UAM y en el Instituto de Neurología, que ha arrojado un producto que llega a eliminar el 90% de tumores avanzados y que se encuentra en fase de pruebas medicas en humanos; otro caso es el de convertidores catalíticos desarrollados en el CCADET, los cuales ya han sido patentados y se encuentran en fase de negociación con empresas automotrices para ser comercializados.

de los centros e investigadores con la empresa y el sector productivo y comercial. De los investigadores que se entrevistaron, solo uno mencionó tener una relación con una empresa por medio de recursos compartidos con el instituto al que pertenecía y en base al estudio realizado por la Secretaría de Economía, de 60 proyectos contemplados entre empresas y academia, sólo 8 se encontraban en pruebas piloto y prelanzamiento. Esta es una gran desventaja y limitación, ya que los recursos necesarios para el desarrollo de programas de investigación no son satisfechos ni por el Estado ni por industrias privadas, lo que obliga a los investigadores a emigrar sus investigaciones al extranjero, razón que hará a México dependiente de esta tecnología⁵⁵.

En la línea de obtención de recursos para el desarrollo de la nanotecnología, también hay una carencia de capital de riesgo que invierta en esta área. De las empresas mexicanas que cotizan en bolsa, ninguna tiene relación o programas de investigación y comercialización en el área de la nanotecnología.

Por otro lado, el apoyo que los investigadores perciben del gobierno es poco, al no existir un plan de desarrollo ni lineamientos en materia de nanotecnología el apoyo que se da a esta área recae en las instituciones, tanto en las de educación como en las de investigación y en el CONACYT. Esta situación merma el desarrollo de la nanotecnología sobre todo de sus aplicaciones prácticas. Actualmente, el desarrollo y la medición en el avance de la ciencia en el país es por medio de la cantidad de publicaciones, esto hace que la mayoría de los investigadores se planteen proyectos de investigación orientado a satisfacer este objetivo. Aunado a esto, las investigaciones que se realizan se hacen de forma aislada, donde cada investigador o grupo de investigadores realizan su trabajo de forma independiente de otros, perdiendo con ello la posibilidad de interacción. Sin embargo, CONACYT ha desarrollado una red de investigadores de nanotecnología, la cual aspira a desarrollar el llamado “libro blanco” en la materia, lo cual fomentaría y orientaría la investigación, así como determinaría los objetivos y las necesidades a cumplir y satisfacer, se espera que este en el año 2012.

Los investigadores mexicanos tienen la percepción que la nanotecnología generará cambios

⁵⁵ En este punto es importante analizar la forma y el tipo de uso de las patentes. Existe una legislación en la materia que no permite la facilidad de comercialización de los productos desarrollados en los centros públicos, también las empresas no quieren compartir la tenencia de las patentes con las instituciones públicas, lo cual imposibilita muchas veces que los desarrollos lleguen al mercado.

importantes en la sociedad, sin embargo no hay una vinculación de ellos con los tomadores de decisión a nivel político. A lo largo del país y en diversos espacios, los investigadores han hecho hincapié en la necesidad de un plan de desarrollo de nanotecnología para México basándose en las potencialidades económicas y sociales que las instituciones internacionales han identificado, así como en lo que ellos están descubriendo día a día en el laboratorio. Sin embargo, no existe un diálogo entre los investigadores y no sólo entre los del área de la nanotecnología, sino en general en todas las áreas, tampoco con los funcionarios públicos o con los políticos profesionales. Ésta es una limitación no sólo para el desarrollo de la ciencia, sino para el país en general.

En el caso de las empresas mexicanas, tomamos como base un estudio de campo publicado en el año 2008 por la Secretaría de Economía y El Centro de Investigación en Materiales Avanzados. En él lo primero que salta a la vista es que el 89% de los responsables que contestaron tiene conocimiento de medio a nulo en el campo de la nanotecnología. De estas empresas, el 83% no tiene equipo e instalaciones para el desarrollo de nanotecnología y el 76% no tiene instalaciones para investigación. Aunado a esto, sobre técnicas para la realización de nanomateriales, los datos arrojados por el estudio demuestran que las empresas no tienen conocimiento de éstas, tampoco tienen, en su mayoría, el conocimiento sobre proveedores y mercados. Así mismo, en el caso de patentes, otorgadas y solicitadas en México se han registrado 1,142, sin embargo la mayoría son de origen extranjero que buscan la protección legal en el país. Esto indica una falta de visión a mediano plazo, pero también se explica por la falta de políticas públicas e instrumentos que vinculen el desarrollo académico con las pequeñas y medianas empresas del país, así como una falta de cultura empresarial dentro del ámbito académico que pudiera fortalecer las principales economías potenciales y generar las empresas competitivas para en el mediano plazo.

4.3 Futuro de la nanotecnología.

El desarrollo de la nanotecnología a nivel mundial sigue estando basado en las iniciativas y el fomento de los países. Se han establecido objetivos a corto, mediano y largo plazo. En el corto se trata de impulsar el desarrollo de aplicaciones nanotecnológicas en productos actuales, sobre todo en el área de los semiconductores y los materiales, así como la formación de infraestructura y recursos humanos. A mediano plazo se plantea el desarrollo

de nuevos materiales y productos, principalmente en las áreas de la nanoelectrónica, la nanoenergía y las tecnologías ambientales, así como a la conformación de marcos regulatorios e institucionales y en el largo plazo se plantean la comercialización y producción de productos basados en la nanomedicina, y la bionanotecnología, así como la integración de la sociedad a estas nuevas familias de productos.

Por otro lado, se ven claras diferencias en el desarrollo de la nanotecnologías en los distintos países, mientras por un lado se tienen a los motores globales como Estados Unidos, Japón, Europa y China, por otro se tiene a los países que se están especializando desde el inicio en campos muy específicos de la nanotecnología como Corea y Brasil. Y por último, están los países que no se han integrado al desarrollo de las nuevas tecnologías o lo están haciendo tardíamente, como estrategia de desarrollo, tal es el caso de México y América Latina en general.

Las tendencias actuales muestran que los países están tomando medidas para el futuro, sin embargo, lo están haciendo desde diferentes frentes. Tal vez la nanotecnología no sea la próxima revolución industrial como se ha pregonado, ya que únicamente soluciona parte de las limitaciones y problemas que presenta el patrón productivo actual, pero sí estará presente en el próximo patrón industrial de alguna forma muy importante. Así, el futuro de la sociedad y la producción presenta tendencias inciertas, entre las que destacan las tecnologías ambientales, la nuevas medicinas, los materiales ligeros transparentes y super fuertes, los autos ligeros y autoguiados, los nuevos robots de servicio (enfermeros, profesores, atención básica a personas) la computadora cuántica o la computadora biotecnológica, la tecnología holográfica lo que permitiría ver televisión común en tercera dimensión (Gorbis y Pescovitz, 2006) hasta el transhumanismo, que se refiere a la convergencia tecnológica de la biotecnología, la neurotecnología, la informática y la nanotecnología, con el mismo ser humano. Éste plantea, al menos en teoría, la posibilidad de superar los límites de la condición humana dando lugar a la próxima generación de seres humanos fusionados con las máquinas. Pero para llegar a este escenario aun falta tiempo, sin embargo la inversión en tecnología y educación es fundamental ahora. Algunos países así lo han comprendido y han empezado a tomar medidas, los que no lo hagan estarán destinados a quedar marginados de la nueva ola de desarrollo o ser prácticamente excluidos.

Conclusiones

La actual etapa de desarrollo capitalista se ha gestado a través del desarrollo de nuevas fuerzas productivas basadas en la revolución informática. Entenderla requiere la revisión de los conceptos e instrumentales metodológicos apropiados, los cuales se pueden encontrar en los planteamientos clásicos de la economía política, sobre todo de Marx, pero con aportaciones de nuevas corrientes y enfoques entre ellos la economía evolucionista y neoshumpeteriana como la propuesta de paradigma tecno-económico que aquí utilizamos. También es necesario adoptar las propuestas realizadas desde nuestro entorno, como la propuesta de patrón productivo impulsada por Fajnzylber y adoptada por autores mexicanos y latinoamericanos.

Para entender la configuración productiva actual, es necesario entender el proceso histórico que ha generado el actual sistema capitalista y sus especificidades, así como sus elementos centrales y sus limitaciones. La dinámica actual del capitalismo está posibilitada por un cambio histórico que ha reconfigurado la estructura productiva, y los elementos vinculados a ella como el factor espacial, el factor institucional, el factor social, así como la infraestructura, la comunicación, la educación, la vinculación entre la educación y el aparato productivo, entre otros.

En este sentido, la nueva etapa de desarrollo capitalista se caracteriza por la tecnología basada en la informática y la estructura espacial que abarca a todo el mundo en torno al desarrollo productivo y social, lo que ha sido conceptualizado como globalización. Así, para definir la etapa actual del capitalismo se ha generado una serie de propuestas conceptuales, que si bien tienen divergencias sobre cómo nombrarla y que elementos poner en el centro del análisis, todas consideran que estamos en una nueva etapa del desarrollo del capitalismo. En este sentido, se ha configurado en torno a la conexión de la sociedad a través de las tecnologías como la computadora y las telecomunicaciones, el desarrollo de la industria de los semiconductores y la fibra óptica, la convergencia tecnológica y el desarrollo y ampliación de Internet a prácticamente todos los espacios del mundo.

Esto ha generado un patrón productivo característico de esta etapa de desarrollo, el cual está basado en la industria de los semiconductores y el software, la computadora, las telecomunicaciones y la infraestructura relacionada a ellas como la fibra óptica y el satélite, estos elementos se han conjugado para generar una forma de organización y vinculación

social basada en el Internet.

Sin embargo, estos elementos también están teniendo transformaciones radicales, la principal es el proceso de miniaturización de los componentes semiconductores. A partir del cumplimiento de lo que se conoce como ley de Moore, ley empírica que plantea que cada 18 meses se duplica el número de transistores que integran un circuito integrado o chip, la industria se ha revolucionado. Esta ley impera, ya sea por la búsqueda consiente de cumplirla o por el propio desarrollo de la industria y cada vez más, los componentes semiconductores se hacen más pequeños, llegando actualmente a escalas nanométricas.

Otra de las grandes tendencias en el desarrollo de la tecnología actual es el desarrollo de la llamada convergencia digital, esto es la convergencia de las tecnologías de transmisión de voz, datos y multimedia por un mismo canal, lo cual ha generado un cambio fundamental en la competencia de los servicios de telecomunicaciones, sobre todo en la de telefonía, televisión e Internet.

Otra de las grandes tendencias, relacionada con la de los semiconductores, se encuentra en la transformación de las computadoras. Actualmente hay un proceso de transformación en estos productos hacia la disminución de su tamaño y la complejización de las funciones que realizan, es la tendencia hacia los equipos móviles o laptops, las cuales se estima dominarán el mercado en los próximos años. Aunado a esto, el acceso a internet vía banda ancha, es uno de los principales puntos de referencia para empresas y gobiernos, lo que ha generado una fuerte inversión encaminada a la instalación de la infraestructura basada en la fibra óptica y la comunicación satelital.

Paralelamente a esta tendencia también se ha generado una tendencia hacia la sustitución de teléfonos fijos por móviles, los cuales han transformado sus funciones al integrar ampliamente semiconductores y software para su funcionamiento, lo que les permite ser instrumentos de acceso a internet, centros de entretenimiento y por supuesto, herramientas de comunicación global

Todas estas tendencias generan transformaciones en la industria productiva de las naciones. Hay algunas que se han integrado de forma exitosa al actual patrón productivo como las del sudeste asiático, China y Corea entre las principales, pero también naciones desarrolladas como Finlandia y Dinamarca y en general las naciones nórdicas del continente europeo. Esto genera una serie de lecciones que deben ser tomadas en cuenta por los

países latinoamericanos, los cuales han mantenido un patrón de especialización basado en los productos básicos y las materias primas. El impulso al desarrollo de los sectores de punta o de los ligados al patrón productivo dominante es una de las tareas impostergables para los países de la región.

Esto es más significativo en un momento en el que las naciones empiezan a prever el agotamiento de las actuales tecnologías. El actual patrón tecnológico genera una alta competencia entre empresas, productos y naciones, esto ha llevado a una importante dinámica de los sectores a él vinculados. Como se ha mencionado, el proceso de miniaturización es una de las principales tendencias del desarrollo productivo y tecnológico, esto ha llevado a la generación de más productos, más complejos y de mayor calidad. Sin embargo, este fenómeno presenta limitaciones físicas y tecnológicas. Pero también se ha generado una serie de limitaciones que tiene que ver con la forma de gestionar y administrar la información, como los procesos de programación en las máquinas o la necesidad de nuevos materiales para poder sortear los problemas técnicos, o limitantes sociales como la necesidad creciente de la protección al ambiente o la generar nuevas fuentes de energía que puedan romper la dependencia a los combustibles fósiles, entre otros.

Para poder avanzar en la generación de alternativas que solucionen los problemas que actualmente se empiezan a vislumbrar, se han hecho una serie de propuestas científicas y tecnológicas, como la biotecnología, la genética, la neurociencia, la inteligencia artificial, las nuevas fuentes de energía limpias, la nanotecnología entre otras. Estas propuestas, sólo han sido posibles gracias al desarrollo de las actuales fuerzas productivas y en general, son el reflejo del desarrollo de dichas fuerzas.

Pero, no son únicamente propuestas científicas y tecnológicas, son también, propuestas de desarrollo en inversión por parte de las naciones y las empresas para el mediano y largo plazo. En este sentido, la nanotecnología abre un abanico de aplicaciones productivas, que hace que sea una de las propuestas tecnológicas que más atención ha generado por parte de estos actores socioeconómicos. Así la inversión en nanotecnología es una de las principales dentro del campo de la tecnología en países desarrollados como Estados Unidos, Alemania, Gran Bretaña, y Japón, pero también la es en países que se han integrado de forma exitosa al patrón productivo actual, como China y Corea. Sin embargo, no es solamente la inversión, se trata de políticas encaminadas al desarrollo sostenido a

mediano plazo por parte de estas naciones.

Todos los elementos anteriores permiten concluir que la hipótesis en la que se basó esta investigación es válida.

Aunado a esto, la nanotecnología implica transformaciones sociales y culturales de amplio impacto. Genera una nueva forma de acercarse a la ciencia y plantea nuevas teorías para entender la naturaleza dentro del marco de la mecánica cuántica, también genera preguntas sobre la forma que tomará el conocimiento y las nuevas esferas educativas como la ingeniería y la técnica a nanoescala. Esto nos lleva a meditar sobre las posibles consecuencias de la nanotecnología en el empleo, las nuevas tecnologías siempre requieren de nuevos técnicos y especialistas, pero también desplazan viejas formas de trabajo que se hacen obsoletas. En el caso del desarrollo y las potencialidades de la nanotecnología se ve la posibilidad del desplazamiento de grandes sectores relacionados con los materiales tradicionales como la minería, pero también en áreas más especializadas como la medicina. Otra de las grandes preguntas a responderse es la calidad y cantidad de vida. La nanotecnología y otras ciencias como la biotecnología tienen el potencial de prolongar la vida de las personas y de mejorar su calidad al atacar enfermedades como el cáncer, el sida, la diabetes, los trasplantes de órganos, etc., de forma menos invasiva y más efectiva; pero en un mundo desigual en acceso a los servicios médicos y en los ingresos, nos plantea la pregunta sobre el alcance de dichos beneficios para la sociedad en general, ¿todos o sólo los que puedan pagarla?

Pero no sólo es el ingreso personal, la nanotecnología tiene el potencial de desarrollar eficientemente el reciclaje y generando productos de mayor durabilidad y menor desperdicio, favoreciendo el ambiente, pero la contraparte es el impacto sobre países que han basado o están altamente vinculados a materias primas, en teoría ellos tendrían impactos negativos, lo cual los puede llevar a estancarse más dentro del un círculo vicioso de dependencia económica y llegar a favorecer conflictos sociales.

Por otro lado, la nanotecnología tiene la posibilidad de mejorar los sistemas de generación y almacenamiento de energía, lo cual nos lleva hacia la pregunta de cómo romper la cadena de intereses creados y entrar en el espacio de la política. Actualmente las grandes corporaciones vinculadas al petróleo ostentan un gran poder económico y político, el cambio de patrón energético abre la posibilidad para el ingreso de nuevos competidores, sin

embargo, la historia ha demostrado que estas corporaciones ponen frenos desde el espacio político influyendo fuertemente en los políticos y las legislaciones, poniendo sus intereses sobre los de la sociedad. Romper este poder y algunos otros como los de las farmacéuticas son uno de los principales objetivos que deben plantearse los generadores de nuevas tecnologías.

Pero la nanotecnología impactará ampliamente el desarrollo de las actividades cotidianas, ¿cómo será este impacto? ¿cómo serán adoptados los productos por parte de las sociedades? ¿con qué rapidez? Son preguntas que deberán contestarse con el desarrollo de la misma tecnología pero que deben ser uno de los principales focos del análisis social.

Si bien hay una serie de discusiones sobre las implicaciones económicas, políticas, sociales, ambientales, etc., alrededor de la nanotecnología, también es cierto que no se podrán resolver si no es a través del desarrollo de la ciencia y la investigación en esta área. Es necesario generar las propuestas políticas que favorezcan el desarrollo de los campos tecnológicos que más potencial presentan como alternativa próxima al fin del patrón productivo actual, los países que no lo hagan estarán condenados a experimentar las trampas del atraso o en el mejor de los casos del rezago. Esto es una ventana de oportunidad para los países de la región. Ya se ha estancado o atrasado la integración del patrón productivo actual en los países latinoamericanos, y a pesar de algunos esfuerzos, aun falta mucho camino que recorrer y sobre todo difundir los beneficios que esto traería a la sociedad. Ahora, se puede iniciar un periodo nuevo con una posición fuerte, sin embargo, generarla pasa por la generación de las condiciones sociales que permitan su adopción y desarrollo, como son la educación, la investigación, la salud, la nutrición, los servicios sociales urbanos, entre otros. Si no se generan las condiciones en toda la sociedad, será prácticamente imposible el desarrollo de cualquier alternativa que ponga a los países de la región como experiencias exitosas de desarrollo económico, político y social.

ANEXO

Cuestionario realizado a Investigadores Nacionales en el campo de la Nanotecnología entre octubre y noviembre de 2009

Ignacio Garzón Sosa

Instituto de Física de la UNAM, Departamento de Sistemas Complejos

Investigador Titular

El doctor Garzón es Presidente de la división de Nanociencia y Nanotecnología de la Sociedad Mexicana de Física. Su área de investigación es la Física computacional de nanomateriales cuyo tema de investigación se centra en el estudio de Propiedades Estructurales, Dinámicas, Electrónicas y Magnéticas de Nanoestructuras.

Cuestionario sobre Nanotecnología a expertos nacionales.

¿Cuáles son los impactos económicos y sociales que usted considera tendrá la nanotecnología en las sociedades?

Se espera que el impacto económico y social de la Nanotecnología sea muy importante, equivalente a una nueva revolución industrial. Una señal importante de esto es la gran inversión económica que está haciendo el sector público y privado en Europa, EUA, China y Japón.

En su investigación, ¿tiene vinculación con empresas privadas y el sector productivo?. En caso de ser afirmativa su respuesta, ¿De qué tipo, cooperación, financiamiento, investigaciones por encargo, etc?

Yo me dedico a la investigación básica (Nanociencia). De momento no tengo vinculación con el sector productivo.

¿Considera que hay apoyo por parte del gobierno para la investigación en nanotecnología?, en caso de ser afirmativa su respuesta, ¿considera que es suficiente?

El apoyo a la investigación científica y tecnológica por parte del gobierno mexicano es muy limitado. A la fecha no existe una iniciativa nacional para apoyar la nanotecnología en México como la que existe en Europa, EUA, China o Japón.

¿Cuál es la situación de la investigación en nanotecnología en México, es pobre, es media, es suficiente?

La situación de la nanotecnología en México es pobre. La investigación en nanociencia está más desarrollada, sobre todo en instituciones educativas (Universidades Públicas).

Dra. Yadira I. Vega

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Departamento de Materiales Avanzados

Investigador Asociado C, Miembro del SNI. Nivel 1

La doctora Vega es Posdoctora en *Ciencia de Polímeros y Materiales Nanocompuestos*, por la Rice University desde 2005 y Doctora en *Química* por la misma universidad. Realizó su Maestría en *Química* en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, así como su Licenciatura en *Ciencias Químicas* por el mismo instituto

Su área de investigación es la de nuevos materiales nanoestructurados y los temas son:

- Preparación y caracterización de materiales compuestos multifuncionales mediante modificación química de las paredes de nanotubos de carbono. (polímeros y nanopartículas)
- Química de nanotubos de carbono
- Nanolistones de Gráfenos

Cuestionario

¿Cuáles son los impactos económicos y sociales que usted considera tendrá la nanotecnología en las sociedades?

La nanotecnología permitirá crear nuevos materiales, nuevos dispositivos con capacidades no conocidas hasta ahora, socialmente tendremos acceso a productos capaces de hacer cosas diferentes, o que funcionen mejor de lo que lo hacen ahora. Se tendrá acceso a nuevos procedimientos de tratamientos médicos, o técnicas terapéuticas.

Económicamente se crearán nuevas empresas y fuentes de trabajo.

En su investigación, ¿tiene vinculación con empresas privadas y el sector productivo? En caso de ser afirmativa su respuesta, ¿De qué tipo, cooperación, financiamiento, investigaciones por encargo, etc?

Personalmente tengo poca vinculación, pero coopero con empresas en diferentes proyectos de investigación y en la formación de investigadores. Son proyectos

desarrollados en conjunto, con interés tanto para la empresa como para nosotros como institución académica. La empresa pone parte del financiamiento, la otra la pone CONACYT.

¿Considera que hay apoyo por parte del gobierno para la investigación en nanotecnología?, en caso de ser afirmativa su respuesta, ¿considera que es suficiente?

Si hay apoyo del gobierno mexicano, desafortunadamente los recursos nunca son suficientes, siempre se necesita más equipo e infraestructura. Estos dos rubros siempre han sido difíciles de financiar. Por otro lado no todo es cuestión de dinero. No creo que el desarrollo de las nanociencias en el país mejore simplemente por inyectar más recursos económicos, dado que hay que buscar desarrollar solamente proyectos de alta calidad.

¿Cuál es la situación de la investigación en nanotecnología en México, es pobre, es media, es suficiente?

La situación es muy dispareja. Por un lado tenemos grupos que hacen investigación de frontera y de punta, y que está al nivel de las mejores instituciones del extranjero. Pero por otro lado hay mucha investigación de poca calidad, o que se repite lo que ya se ha hecho con otros grupos.

Desea hacer algún comentario final.

Es importante que se continúe trabajando en nanociencia, que el gobierno no lo descuide porque en otros países se le está dando una prioridad a los temas de nanociencia, precisamente por su potencial científico, económico y social. Es importante que se le sigan inyectando recursos al área, pero más importante es buscar hacer investigación de alta calidad, porque si se repite lo que se ha hecho antes, aunque se tengan muchos recursos nunca se logrará destacar en el área. Otro punto importante es la transferencia de tecnología, esto es vital para que la sociedad perciba los beneficios de manera más tangible. En este caso los recursos si son importantes, y necesarios para la creación de nuevas empresas.

Dra. Magali Estrada del Cueto

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Electrónica del Estado Sólido

Investigador CINVESTAV 3C, SIN II

La doctora Estrada es Doctora en Ciencias Técnicas por el Instituto Noroccidental de Leningrado, URSS y Maestra en Ciencias Físicas por la Facultad de Física de la Universidad Estatal de Moscú, Lomonosov, URSS.

Sus líneas de investigación son

- Diseño y tecnología de dispositivos semiconductores de silicio y circuitos integrados.
- Métodos de obtención y caracterización de capas dieléctricas y semiconductoras y de estructuras en base a ellas.
- Obtención, caracterización y aplicación de detectores de radiación en base a silicio.
- Transistores TFT

Cuestionario sobre Nanotecnología a expertos nacionales.

¿Cuáles son los impactos económicos y sociales que usted considera tendrá la nanotecnología en las sociedades?

El impacto de la nanotecnología es prácticamente en todas las ramas -electrónica, química, biológica, materiales- pero además no es que lo tendrá en el futuro, sino que lo tiene actualmente y seguirá cada vez mas incrementando su influencia. La influencia de la nanotecnología en aspectos de la electrónica o nanoelectrónica, que es mi especialidad, se manifiesta prácticamente en todo lo que nos rodea de una forma u otra, desde cuestiones domésticas, medicina, desarrollo industrial, repito es todo lo que nos rodea.

En su investigación, ¿tiene vinculación con empresas privadas y el sector productivo? En caso de ser afirmativa su respuesta, ¿De qué tipo, cooperación, financiamiento, investigaciones por encargo, etc?

Ninguno, no hay ninguna empresa privada en México que trabaje en nada relacionado con la nanoelectrónica. Lo mas que hay son maquiladoras, donde no se hace ningún desarrollo y cuando necesitan algo lo piden a sus plantas matrices.

¿Considera que hay apoyo por parte del gobierno para la investigación en nanotecnología?, en caso de ser afirmativa su respuesta, ¿considera que es suficiente?

Considero que cada año se apoya menos y que actualmente el apoyo en la nanoelectrónica es casi nulo, para no decir que totalmente nulo.

¿Cuál es la situación de la investigación en nanotecnología en México, es pobre, es media, es suficiente?

A pesar de todo, mediante colaboración con centros de otros países, se logra formar especialistas en el tema y participar en trabajos de punta, en nanoelectrónica, pero en un nivel muy inferior al que un país como México debiera y lo que es peor, cada vez los especialistas que formamos tienen más dificultad para encontrar trabajo y para continuar trabajando en este campo. O tiene que cambiar de tema de trabajo, o buscar instituciones fuera del país para trabajar.

Dr. Antonio Cerdeira

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Sección de Electrónica del Estado Sólido

Investigador CINVESTAV 3C, SIN II

El doctor Estrada es Doctor en Ciencias Técnicas por el Instituto Noroccidental de Leningrado, URSS

Sus líneas de investigación son

- Desarrollo y estudio de dispositivos semiconductores y circuitos integrados.
- Desarrollo y caracterización de sensores semiconductores de radiación y presión
- Transistores TFT

Cuestionario sobre Nanotecnología a expertos nacionales.

¿Cuáles son los impactos económicos y sociales que usted considera tendrá la nanotecnología en las sociedades?

Lo primero es definir que es nanotecnología. Cada área del conocimiento desarrolla un trabajo alrededor de la nanotecnología, por este motivo la respuesta no puede ser total. Si hablamos de mi área, la microelectrónica, el efecto no hay que esperarlo, ya ésta, no es nuevo, desde hace años nosotros trabajamos con dispositivos que tienen interiormente dimensiones nanométricas. El principal resultado es lo que ya vemos, la introducción de la microelectrónica, que ahora es mejor llamar nanoelectrónica, en todas las actividades del ser humano a través de computadoras, controladores, teléfonos, gps, artículos electrodomésticos, equipos de laboratorio, comunicaciones en general, espionaje, etc. Etc.

Esto se continuara desarrollando al poder integrar más elementos en una pastilla de silicio (chip). Ya vamos por decenas de miles de millones y cuando nos acercamos a los límites van surgiendo nuevas posibilidades. En los próximos 20

años todavía los circuitos integrados de silicio serán predominantes. Esto no quiere decir que se trabaje en otras muchas cosas al mismo tiempo, la diferencia es una tecnología madura y productiva, aunque muy compleja, y la implementación tecnológica de cosas en desarrollo.

En su investigación, ¿tiene vinculación con empresas privadas y el sector productivo? En caso de ser afirmativa su respuesta, ¿de qué tipo, cooperación, financiamiento, investigaciones por encargo, etc?

Lamentablemente en México no existen actualmente industrias que fabriquen dispositivos nanoelectrónicos. No creo que se creen en fecha próxima por el enorme costo de una fábrica de 2000 millones de usd, además, requiere una actividad de investigación que no existe.

La única planta que realmente hacía algo era la Motorola en Guadalajara, luego On Semiconductors, que hace unos 6 años cerró para ir a china, sin que nadie se inmutara.

Toda nuestra colaboración, que es muy amplia, se hace con centros de investigación en el extranjero.

¿Considera que hay apoyo por parte del gobierno para la investigación en nanotecnología?, en caso de ser afirmativa su respuesta, ¿considera que es suficiente?

De nuevo esto no tiene una sola respuesta. ¿Nanotecnología para qué? biología, pinturas, recubrimientos, en la electrónica???

En la electrónica es muy pequeño el apoyo y son los proyectos CONACYT que si apoyan determinados trabajos con cantidades nada significativas. Por ejemplo, sólo el año pasado, que yo conozca, 3 centros en España recibieron 4 millones de euros para desarrollar la nanoelectrónica. Huelgan los comentarios.

¿Cuál es la situación de la investigación en nanotecnología en México, es pobre, es media, es suficiente?

Es pobre. Como dije anteriormente, el mundo dedica mucho dinero a estos trabajos, en todas las diferentes ramas de la nanotecnología. No hay nada similar aquí

Desea hacer algún comentario final.

Creo que lo primero es no seguir hablando de nanotecnología como algo definido, porque no lo es, es como hablar de medicina y cualquier rama genérica. Hay que divulgar la diversidad de la nanotecnología y ver en cada caso sus posibilidades reales en el país. La dependencia en estas ramas se hace cada día más fuerte.

Guillermo Foladori

Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Estudios del Desarrollo

Profesor Investigador de base, SIN III

Doctor en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Especialista en medio ambiente y desarrollo y salud y desarrollo.

Es miembro de la Red Internacional de Nanotecnología y Sociedad (International Nanotechnology and Society Network, INSN) y fundador y director ejecutivo de la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad.

Cuestionario sobre Nanotecnología a expertos nacionales.

¿Cuáles son los impactos económicos y sociales que usted considera tendrá la nanotecnología en las sociedades?

Hay cuestiones generales: nueva división internacional y nacional del trabajo, incremento del desempleo. Mayor concentración de la riqueza. Hay otras que dependen del país y de su política económica. E.g. México no tiene ningún tipo de política de desarrollo de las nanotecnologías a largo plazo, ni de integración vertical investigación...producción... consumo, por lo tanto su desarrollo será incierto, tal vez en algunos aspectos...

En su investigación, ¿tiene vinculación con empresas privadas y el sector productivo?. En caso de ser afirmativa su respuesta, ¿De qué tipo, cooperación, financiamiento, investigaciones por encargo, etc?

No, no tenemos vinculación con empresas privadas. Nuestra red trabaja estrechamente con algunos sindicatos y ONGs

¿Considera que hay apoyo por parte del gobierno para la investigación en nanotecnología?, en caso de ser afirmativa su respuesta, ¿considera que es suficiente?

No hay apoyo en investigación de largo plazo. En nuevas tecnologías nada se hace con concursos y proyectos de un par de años, se pierde sustentabilidad en el tiempo. Tampoco hay integración de la investigación con la producción. Hay concursos CONACYT para esa integración, pero nuevamente no es la forma. Nuevas tecnologías no entran al mercado fácilmente. Es necesario producción por parte del mismo estado. Tampoco hay nada respecto del consumo. El mercado de productos nuevos es incierto, y el gobierno mexicano no hace ningún esfuerzo por integrar el consumo estatal a las nuevas tecnologías

¿Cuál es la situación de la investigación en nanotecnología en México, es pobre, es media, es suficiente?

la pregunta es demasiado amplia. Nanotecnologías abarcan muchas áreas. En publicaciones científicas México está segundo lugar luego de Brasil en el contexto latinoamericano. Pero eso no dice mucho...

Desea hacer algún comentario final.

En México no hay rubros para investigar las implicaciones sociales, económicas, legales, éticas, ni tampoco los riesgos a la salud y el medio ambiente...

Bibliografía

Adrini, Leando y Santiago Figueroa, (2008), “El impulso gubernamental a las nanociencias y nanotecnologías en Argentina” en Foladori e Invernizzi (coords), *Las nanotecnologías en América Latina*, ReLANS, UAZ, Miguel Ángel Porrúa, México

Aizcorbe, Ana, Stephen Oliner y Daniel Siechel, (2006) *Shifting Trends in Semiconductor Prices and the Pace of Technological Progress*, Divisions of Research & Statistics and Monetary Affairs. Federal Reserve Board, Washington, D.C. Finance and Economics Discussion Series, num 44, Washington.

Arencibia Jorge, et al, (2005) “La nanotecnología como disciplina científica, un estudio bibliométrico del web on science en el período 1987-2004”, en *Acimed*, Num 4, vol 13, Julio-Agosto. http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol13_4_05/aci04405.htm

Bankinter, (2006), *Nanotecnología. La revolución industrial del siglo XXI*, Fundación de la innovación Bankinter, Fundación Accenture, España

Booker, Richard y Earl Boysen, (2005), *Nanotechnology*, Wiley Publishing Inc, Indiana, Estados Unidos.

Castells, Manuel (1999) *La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Siglo XXI* Editores, México

Cazadero, Daniel, (1997), *Las revoluciones tecnológicas*, Fondo de cultura económica, México.

Chi Wu, Po, (2005), “Need for a new type of capital venture”, en Jurgen Shulte (coord), *Nanotechnology, Global strategies, Industry trends and applications*, John Wiley and Sons, Ltd, Inglaterra.

Computer Industry Almanac Inc., (2007), *PC sales will top 250M units in 2007*, Boletín de prensa, 27 de Julio. <http://www.c-i-a.com/pr0707.htm>

Coriat, Benjamin (2004), *El taller y el robot. Ensayos sobre el fordismo y la producción en masa en la era de la electrónica*, Siglo XXI Editores, 5a Edición, México.

Dabat, Alejandro, (2009a) “Economía del conocimiento y capitalismo informático (o informacional). Notas sobre estructura dinámica y perspectivas de desarrollo”, en Dabat y Rodríguez (coord), *Globalización conocimiento y desarrollo. La nueva economía global del conocimiento. Estructura y problemas*, Tomo I, UNAM, IIEc, CRIM, FE, CCADET, Coordinación de Humanidades, México

Dabat, Alejandro, (2009b) “Estados Unidos, la crisis financiera y sus consecuencias internacionales”, Documento de discusión, PROGLOCODE. <http://www.proglocode.unam.mx/>

Dabat, Alejandro, (2002), “Globalización, capitalismo actual y nueva configuración espacial del mundo”, en Basave, et al, (coord), *Globalización y alternativas incluyentes para el siglo XXI*, UNAM, CRIM, IIEc, UAM-A, Miguel Ángel Porrúa, México

Dabat, Alejandro, (1993), *El mundo y las naciones*, CRIM, UNAM, Cuernavaca, México

Dabat, Alejandro y Sergio Ordóñez, (2009a), *Revolución informática, nuevo ciclo industrial e industria electrónica en México*, UNAM, IIEc, Juan Pablos Editores.

Dabat, Alejandro y Sergio Ordóñez, (2009b) “Globalización, conocimiento y nueva empresa transnacional: desafíos y problemas para los países en desarrollo”, en Dabat y Rodríguez (coord), *Globalización conocimiento y desarrollo. La nueva economía global del conocimiento. Estructura y problemas*, Tomo I, UNAM, IIEc, CRIM, FE, CCADET, Coordinación de Humanidades, México

Dabat, Alejandro y Miguel Ángel Rivera (2004), “Nuevo ciclo industrial mundial e inserción internacional de países en desarrollo”, en Dabat, Rivera y Wilkie, (coord), *Globalización y cambio tecnológico*, UdeG, UNAM, UCLA, PROFMEX, Juan Pablos Editor, México, Guadalajara, Los Ángeles.

Dabat, Alejandro y Miguel A. Rivera (1993) “Las transformaciones de la economía mundial”, en *Investigación Económica*, Facultad de Economía-UNAM, no. 206, octubre-diciembre, pp. 123–147.

Dabat, Alejandro, Miguel A. Rivera y Sebastián Sztelwart, (2009) “Rentas económicas en el marco de la globalización: desarrollo y aprendizaje. Implicaciones para América Latina” en Basave y Rivera (coord), *Globalización conocimiento y desarrollo. Teoría y estrategias de desarrollo en el contexto del cambio histórico*, Tomo II, UNAM, IIEc, CRIM, FE, CCADET, Coordinación de Humanidades, México

David y Foray (2002) “Fundamentos económicos de la sociedad del conocimiento”, En revista *Comercio Exterior*, Vol 52, num, 6, Banco Nacional de Comercio Exterior, S.N.C., México, Julio.

Delgado, Gian Carlo, (2008), *Guerra por lo invisible: negocio, implicaciones y riesgos de la nanotecnología*, UNAM, CEIICH, México.

Delgado, Gian C. (2007) “Sociología política de la nanotecnología en el hemisferio occidental: el caso de Estados Unidos, México, Brasil y Argentina”, en *revista de estudios sociales*, Facultad de ciencias sociales, Universidad de los Andes, Colombia, Num, 27, Agosto

Didiworld, 2009, *Yearbook 2009, los retos del mundo digital*, IDATE, ENTER, España.
www.idate.org

Dieuaide, Paulre y Vercellone, (2007) “Introducción al capitalismo cognoscitivo” en A. Dabat y M. Rios, (coord), *Cambio histórico mundial, conocimiento y desarrollo*, UNAM, DEGAPA, IIEc,

Casa Juan Pablos, México.

ETC Group, 2005a “Las patentes de la nanotecnología más allá de la naturaleza”, Reporte de ETC Group, Junio. www.etcgroup.org

ETC Group, 2005b, “Potenciales repercusiones de las nanotecnologías en los mercados de productos básicos: Consecuencias para los países en desarrollo dependientes de productos básicos”, Documento de Investigación, Centro del Sur, Noviembre. www.etcgroup.org

ETC Group, 2002 “Nanotecnología: Un pequeño gran paso”, comunicado de prensa, 6 de mayo. www.etcgroup.org

Euroresidentes, s/f, <http://www.euroresidentes.com>

Euroresidentes, (2005), Nanotecnología e inversión, en Noticias de nanotecnología, euroresidentes.com <http://www.euroresidentes.com/Blogs/nanotecnologia/2005/01/nanotecnologa-e-inversin.html>

Fajnzylber, Fernando, (1983), *La industrialización trunca de América Latina*, Editorial Nueva Imagen, México

Finkelievich, Susana (2004), *La sociedad civil en la economía del conocimiento: TIC's y desarrollo socio-económico*, Serie Documentos de Trabajo, Instituto de investigaciones Gino Germani, Facultad de ciencias sociales-UBA, Argentina, Noviembre

Foladori, Guillermo y Edgar Zayago, (2008) “México se incorpora a la nueva revolución industrial de las nanotecnologías” en Foladori e Invernizzi (coord), *Las nanotecnologías en América Latina*, ReLANS, UAZ, Miguel Ángel Porrúa, México

Foladori, Guillermo y Noela Invernizzi (2005) "Nanotecnología: ¿Beneficios para todos o mayor desigualdad?", en *Redes*, Num 21, Vol, 11, Universidad Nacional de Quilmes, Argentina, Mayo

Forester, Tom, (1992), *Sociedad de alta tecnología*, Siglo XXI Editores, México.

Garthner, "Las ventas mundiales de PC cayeron un 6.5% en el primer trimestre de 2009", Noticias de tecnología. Com <http://www.misnoticiasdetechnologia.com/ventas-mundiales-de-pc-cayeron-un-65-por-ciento-en-el-primer-trimestre-de-2009.htm>

UNCTAD, (2007), *Information economy report 2007-2008*, UNCTAD, ONU, Ginebra.

Gereffi, Gary, (2001), "Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización", en *Revista Problemas del desarrollo*, IIEc, UNAM, Num.125, vol. 32, abril-junio

Gorbis, Marina y David Pescovitz, (2006) "Bursting Tech Bubbles Before They Balloon. IEEE Fellows take a hard-nosed look at what technology is--and isn't--on the horizon" en *IEEE Spectrum*, Septiembre.

<http://spectrum.ieee.org/computing/hardware/bursting-tech-bubbles-before-they-balloon/0>

Gu, Hongchen y Jurgen Shulte, (2005), "Scientific development and industrial application of nanotechnology in China", en Jurgen Shulte, *Nanotechnology, Global strategies, Industry trends and applications*, John Wiley and Sons, Ltd, Inglaterra.

Hutchenson, G, D, (2008), "The economic implications of Moore's Law", en Howard Huff (Coord) *In the Nano Era, Moore's Law beyond Planar Silicon CMOS*, Springer, Alemania.

Infomarket, 2009 *Las computadoras de escritorio pierden terreno ante las Notebooks*, Infomarket 20 de Enero. <http://www.infomarket.com.mx/newsItem.asp?ID=645>

INTEL, 2003

Invernizzi, Noela (2008), "Científicos brasileños legitiman a las nanotecnología" en Foladori e

Invernizzi (coord), *Las nanotecnologías en América Latina*, ReLANS, UAZ, Miguel Ángel Porrúa, México

iSupply, (2008) ISuppli Issues Alert for Global Semiconductor Inventories, en Cellular News, 17 de diciembre.

Klein, Naomi, (2001), *No logo. El poder de las marcas*, Paidós, España.

Lee, Jo.Won y Wonbong Choi, (2005), Current status of nanotechnology in Korea and research into carbon nanotubes , en Jurgen Shulte, *Nanotechnology, Global strategies, Industry trends and applications*, John Wiley and Sons, Ltd, Inglaterra.

Liu, T-J., y L. Chang, (2008) “Transistor scaling to the limit ”, en Howard Huff (Coord) *In the Nano Era, Moore´s Law beyond Planar Silicon CMOS*, Springer, Alemania.

Martner-Peyrelongue, Carlos, (2007) “Reestructuración del espacio continental en el contexto global: Corredores multimodales en Norte y Centroamérica” en *Economía sociedad y territorio*, Vol VII, num, 25, El Colegio Mexiquense. México.

Marx, Carlos, (1985/ 1867) *El Capital*, Siglo XXI editores, México

Marx, Carlos, (1980/1859), *Prologo de la economía política*, Siglo XXI Editores, México.

Moulier, Yann (2004), “Riqueza, propiedad, libertad y renta en el capitalismo cognitivo”, en Blondeau, et al (2004), *Capitalismo cognitivo, propiedad intelectual y creación colectiva*, Traficantes de sueños, España.

N-economía, “Informe mensual”, CEPREDE, Madrid, mayo, 2008

OCDE, *Estadísticas internacionales*, en <http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>

Ordóñez, Sergio, (2007), “Nueva fase de desarrollo y capitalismo del conocimiento: elementos teóricos” en A. Dabat y M. Rios, (coord), *Cambio histórico mundial, conocimiento y desarrollo*, UNAM, DEGAPA, IIEc, Casa Juan Pablos, México.

Ordóñez, Sergio, (2006), “Capitalismo del conocimiento: Elementos históricos”, en *Economía Informa*, Facultas de Economía, UNAM, Num. 338, Enero-Febrero.

Pérez, Carlota, (2004), *Revoluciones tecnológicas y capital financiero*, Siglo XXI Editores, México

Picquart, Michel, (2009), “Un pequeño paseo por el nanomundo”, en *Razón y Palabra*, ITESM, Num, 68, año 14, Mayo-Junio <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/15Picquart.pdf>

Politi, Pedro, Dora Isolabella y Susana Etchegoyen, (s/f), *Farmacología clínica. El desarrollo de nuevos medicamentos: Desde la invención hasta la farmacia.* <http://www.cancerteam.com.ar/etch001.html>

Portal ISC, *Historia de los procesadores*, <http://www.portalisc.net/p.php?s=41>

Rivera, Miguel Ángel, (2008), *Dinámica social: conocimientos y cambio institucional*, Documento de discusión, PROGLOCODE, <http://www.proglocode.unam.mx/>

Rivera, Miguel Ángel, (2006), “Cambio histórico mundial y economía del conocimiento, en *Economía Informa*, Facultas de Economía, UNAM, Num. 338, Enero-Febrero.

Rivera, Miguel (2005), *Capitalismo informático, cambio tecnológico y desarrollo nacional*, UNAM, U de G, UCLA, PROFMEX, Casa Juan Pablos, México.

Roco, M, (2005), “The vision and strategy of the US National Nanotechnology Initiative”, en Jurgen Shulte, *Nanotechnology, Global strategies, Industry trends and applications*, John Wiley and Sons, Ltd, Inglaterra.

Rodríguez Vargas, Jesús, (2009) “El nuevo capitalismo en la literatura económica y el debate actual”, en Dabat y Rodríguez (coord), *Globalización conocimiento y desarrollo. La nueva economía global del conocimiento. Estructura y problemas*, Tomo I, UNAM, IIEc, CRIM, FE, CCADET, Coordinación de Humanidades, México

Rodríguez Vargas, Jesús, (2006), El debate y la realidad: un recuento, murio la nueva economía, viva la nueva economía”, en *Economía Informa*, Facultas de Economía, UNAM, Num. 338, Enero-Febrero.

Rodríguez, Emmanuel y Raul Sánchez, (2004), “Prólogo. Entre el capitalismo cognitivo y el commonfare” en Blondeau, et al (2004), *Capitalismo cognitivo, propiedad intelectual y creación colectiva*, Traficantes de sueños, España.

Secretaria de Economía, Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, FUNTEC, (2008), *Diagnóstico y perspectiva de la Nanotecnología en México*, SE, CIMAV, FUNTEC, México.

Shulte, Jurgen, (2005a) “Introduction, Movements in nanotechnology”, en Jurgen Shulte, *Nanotechnology, Global strategies, Industry trends and applications*, John Wiley and Sons, Ltd, Inglaterra.

Shulte, Jurgen, (2005b), “Growth through nanotechnology opportunities and risk”, en Jurgen Shulte, *Nanotechnology, Global strategies, Industry trends and applications*, John Wiley and Sons, Ltd, Inglaterra.

Sosa, Ivan, (2004), *Nanotecnología. Instantáneas del cambio tecnológico*, UACM, México.

Stan, M., G. Rose y M. Ziegler, (2008) “Hybrid CMOS/Molecular integrated circuits”, en Howard Huff (Coord) *In the Nano Era, Moore’s Law beyond Planar Silicon CMOS*, Springer, Alemania.

Stiglitz (2003), *Los felices 90's*, de. Taurus, Argentina

Toledo, Alejandro y Alenka Gúzman, (2009) *Las nanotecnologías: Un paradigma tecnológico emergente. Dinámica y especialización en la innovación de las tecnologías*, en *Razón y Palabra*, ITESM, Num, 68, año 14, Mayo-Junio.
<http://www.razonypalabra.org.mx/N/n68/6AlenkaToledo.pdf>

UNCTAD, *World Investment Report 2008: Transnational Corporations and the Infrastructure Challenge*. ONU, New York, Ginebra.

Vercellone, Carlo, (2004), *Las políticas de desarrollo en tiempos del capitalismo cognitivo*, en Blondeau, et al (2004), *Capitalismo cognitivo, propiedad intelectual y creación colectiva*, Traficantes de sueños, España.

Wikipedia, <http://www.wikipedia.org>

Yang, Yungkai, (2006), *The taiwanese notebook computer production Network in China: Implication for upgrading of the chinese electronics industry*, Personal computer industry center, The Paul Merage School of Business, University of California, Irving. Febrero.

Záyago, Edgar y Mark Rushton, (2008), "Nanotecnologías para el desarrollo en Latinoamérica", en Foladori e Invernizzi (coord), *Las nanotecnologías en América Latina*, ReLANS, UAZ, Miguel Ángel Porrúa, México