



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ECONOMÍA

**DESARROLLO BIOTECNOLÓGICO COMO PARADIGMA
TECNOECONÓMICO: IMPLICACIONES PARA MÉXICO
(1990-2010).**

TESIS

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

PRESENTA:

RODRIGO ORTIZ SÁNCHEZ.

DIRECTOR DE TESIS:

DR. MIGUEL ANGEL RIVERA RÍOS



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. MARZO DE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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:

A mis padres Maribel Sánchez Monroy y Gabriel Ortiz Zarate, por ser el ejemplo de mi vida, por todo su amor y comprensión a lo largo de este camino acompañándome en cada momento, a ellos que sin su apoyo no hubiera sido posible llegar hasta este lugar.

A mi hermano Israel Ortiz Sánchez, compañero y amigo desde mi infancia, por su comprensión, tolerancia y sobre todo su amor, dedico este trabajo.

A mis amigos Aldo, Jannet, Emilio, Nora, Mónica, que desde la adolescencia han compartido este magnifico sueño que es la vida.

A mi amigos Armando, David, Gilberto, Daniela, Diogenes, Jesus, Jorge, Alexis y Ximena que me otorgaron el placer de compartir valiosos momentos durante mi tempo transcurrido en la universidad, en especial a mis amigos Huitzilihuitl y Paola, que estuvieron a mi lado desde el primer semestre de la carrera y fueron parte de este proceso, lleno de aciertos y errores, a todos ellos, dedico este trabajo.

A mis amigos en China Ivan, Georgina, Manuel, Alex, Alexandre, Adriana, Silvia y Sr. Wang que me permitieron compartir uno de los momentos más valiosos en mi vida, por las experiencias y recuerdos vividos.

A mi tutor el Dr. Miguel Angel Rivera Ríos, por sus recomendaciones, consejos y críticas realizadas durante el desarrollo de este trabajo, por su paciencia y dedicación como maestro.

A mis sinodales por su recomendaciones y consideraciones respecto a este trabajo, en especial a la Dr. Maria del Carmen.

A cada uno de mis familiares, amigos y personas que en este agradecimiento no puedo mencionar, pero que sin duda han sido parte de este logro

Índice:

Justificación

Objetivos generales y particulares

Hipótesis

Metodología

Introducción

CAPÍTULOS:

I. LAS REVOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y LA FORMACIÓN DE PARADIGMAS TECNOECONÓMICOS.	13
Los ciclos económicos.	14
El análisis de los ciclos económicos de Schumpeter.	16
La escuela de Sussex: Freeman y Pérez.	20
Paradigma tecnoeconómico y sus cuatro fases.	23
Periodo de instalación: Fase de Irrupción y fase de frenesí.	26
Periodo de despliegue: Fase de sinergia y fase madurez.	30
Elementos estilizados.	33
La institucionalización de la ciencia y la tecnología.	36
La Aparición de un nuevo paradigma tecnoeconómico y la posibilidad para los países en desarrollo de pasar a la posición de países industrializados.	38
II. LA QUINTA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA: LA ERA DE LA INFORMÁTICA Y LA COMUNICACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA POSIBLE IRRUPCIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA COMO PARADIGMA TECNOECONÓMICO.	46
La trayectoria tecnológica de la Biotecnología	53
Convergencia tecnológica entre la Biotecnología y la Informática.	63
El desarrollo biotecnológico en el siglo XXI	66
Corredores Biológicos: información genética in-situ y ex-situ	72
Países núcleo del desarrollo Biotecnológico.	83
III. SECTORES DE LA BIOTECNOLOGÍA Y EMPRESAS BIOTECNOLÓGICAS	87
Sector salud.	88
Otras aplicaciones en el sector salud.	85
Sector Primario: Desarrollo de los cultivos transgénicos en el mundo.	92
Superficie global de cultivos transgénicos, los primeros 15 años, 1996 - 2009	96
Superficie sembrada en países desarrollados y países en desarrollo	101
Principales compañías de semilla en el mundo.	105
Industria.	105
Empresas de biotecnología y empresas con actividades en biotecnología	108
Empleos Generados por la Biotecnología.	110
Investigación y Desarrollo Biotecnológico: Conformación de tecnopolos y clusters biotecnológicos.	112

Fusiones y Adquisiciones.	114
Tecnopolos Biotecnológicos.	118
IV. EL CASO DE MÉXICO Y EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA.	121
Sistema Nacional de Innovación y Biotecnología en México.	121
Universidades o instituciones de educación superior que realizan Investigación en el campo de la Biotecnología.	123
Infraestructura para el desarrollo biotecnológico en México.	125
La biotecnología en México.	126
Sector Salud.	127
Sector Primario.	129
El caso de México como centro de origen del Maíz.	132
Normas y legislaciones en México sobre Organismos Genéticamente Modificados (OGM).	136
Sector Industria.	139
Conclusiones.	142
Bibliografía.	144

Justificación:

La revolución industrial del siglo XIX vino a transformar la economía capitalista acelerando el desarrollo de las fuerzas productivas, es decir las fuerzas técnicas comenzaron a tomar una gran importancia para transformar el entorno en el que se desarrollaba la sociedad capitalista. El desarrollo de la máquina de vapor, el ferrocarril y el dínamo eléctrico, posibilitaron la expansión, la conexión y la comunicación entre los espacios geográficos, así como un nuevo ritmo en la producción industrial. También comenzó un proceso de concentración de capital más acelerado, donde la composición orgánica del capital juega un papel importante y comenzará a marcarse cada vez más en el desarrollo capitalista de los años venideros.

El desarrollo del ferrocarril se fue transmitiendo a las diferentes regiones del mundo, aunque a ritmos muy desiguales y con atraso en muchas regiones; los países periféricos acceden a esta tecnología con mayor letargo (con el tiempo parecerá ser una constante para incorporar y asimilar tecnologías), explicando en parte el por qué de la deficiente aplicación y prolongación del desarrollo tecnológico en los países en subdesarrollados.

A inicios del siglo XX se introduce el modelo T de Ford, lo que significaba la apertura a la producción en serie de automóviles y un cambio dentro del mundo capitalista, pues los ritmos de producción industrial se aceleraron y la comercialización de bienes se masificó, gracias a la innovación introducida dentro de las cadenas productivas: la línea de ensamblaje, que vino a transformar y a reorganizar a las industrias de todos los sectores. Este periodo se le conoce como “Fordismo-Taylorismo”, comienza a inicios del siglo XX y se agota a finales de los años sesenta.

A medida que el Fordismo como modo de organización y producción en la industria maduraba en los años cuarenta, a la par se comenzaba a desarrollar un nuevo avance tecnológico: el transistor, con ello el desarrollo de los semiconductores y circuitos integrados que vienen a transformar el proceso productivo. Este último desarrollo tecnológico se consolida a finales de los años sesenta e inicios de los setenta, con la creación del microprocesador y el software, marca la llegada de la “era de la informática” durante los últimos treinta años del siglo XX, hasta el actual predominio dentro de la industria a inicios del siglo XXI.

Pero el proceso creativo de la sociedad capitalista no se ha detenido y pareciera que hasta ahora no conoce límites. Desde los años setenta se comenzó a dar nuevo desarrollo tecnológico, que es la biotecnología (cabe aclarar que para el desarrollo acelerado de la biotecnología fue nece-

sario que se apoyara del desarrollo de la informática) que tiene como antecedente la revolución verde.

La biotecnología comienza a presentarse como un nuevo patrón tecnológico, que ha comenzado a cambiar una serie de elementos dentro de la economía capitalista, (como lo hicieron las anteriores revoluciones tecnológicas) y no sólo en el aspecto económico sino también social, cultural, político, institucional y ambiental. Ante la actual crisis económica, que ahora alcanza sus límites naturales: la crisis ambiental, la biotecnología pareciera presentarse como una de las respuestas para resolver esta crisis.

Como sabemos todo desarrollo tecnológico ha generado ventajas y desventajas, por lo que es de mi interés estudiar cuales serían éstas en el caso de la biotecnología y sus implicaciones en la economía, la sociedad, la política, las instituciones y el medio ambiente.

Objetivos generales

Investigar los cambios en torno al patrón de la biotecnología en la estructura económica y en la industria moderna, es decir, el modo en que se están transformando las redes científicas, industriales y comerciales, a fin de identificar las perspectivas que se tienen sobre esta tecnología (positivas y negativas), los cambios en los patrones de consumo, el impacto económico, social, político, institucional y ambiental; la comprensión del modo de financiamiento de las investigaciones y desarrollos biotecnológicos.

Objetivos particulares

Dilucidar el papel que juegan las grandes transnacionales en el desarrollo biotecnológico, principalmente las farmacéuticas, agrícolas (productoras de semillas) y las químicas.

Verificar la importancia del desarrollo informático y de las comunicaciones para favorecer e impulsar el desarrollo biotecnológico, siendo uno de los casos más importantes la generación de bases de datos genética, elaborada a partir de la bioprospección que se está llevando a cabo en todo el mundo.

Reconocer las regiones del mundo con mayor biodiversidad, considerando estas zonas contenedoras y creadoras de los recursos más ricos que puede tener un país en un futuro (considera como el oro verde).

Discutir la información genética como una mercancía o como un patrimonio para las generaciones presentes y futuras.

Hipótesis:

La biotecnología se comienza a conformar como el nuevo paradigma tecnoeconómico, que tendrá un desarrollo dentro de los próximos años, principalmente en el campo de la ciencia de la vida y la salud, por tal razón las principales empresas transnacionales farmacéuticas como Pfizer, Sanofi-Aventis, GlaxoSmithKline, Novartis, Roche, AstraZeneca, Merck & Co., Johnson&Johnson y Eli Lilly están realizando fuerte inversiones de capital y fusiones para aprovechar las potencialidades del próximo paradigma tecnoeconómico.

Dentro de este nuevo paradigma la información genética comienza a jugar un papel importante dentro de la bioeconomía, dicha información se encuentra concentrada de forma natural en el hemisferio sur del planeta, principalmente en países en desarrollo. México se encuentra dentro de este grupo de países, ubicándose dentro de los cinco países con megabiodiversidad a nivel mundial, lo que hace que sean un eslabón importante para la conformación de este paradigma. Toda esta información ha comenzado a ser catalogada y almacenada en grandes bancos de información en los países desarrollados con la finalidad de realzar estudios científicos avanzados para desarrollar nuevos bienes y servicios.

Existe un elevado interés de las grandes transnacionales farmacéuticas, petroleras, químicas y de semillas por dominar este paradigma tecnológico, provocando que a inicios del siglo XXI, sólo un grupo de grandes transnacionales comiencen a controlar la mayoría del sector biotecnológico en sus distintas ramas, provocando una situación de desventaja para los países en desarrollo que cuentan con un gran acervo genético, pues de no incorporar y asimilar el nuevo paradigma, quedarán limitados a ser proveedores de los insumos que son necesarios para el desarrollo de esta tecnología y a su vez, se verán obligados a seguir las medidas de desarrollo tecnológico que las grandes transnacionales apliquen en su favor, lo cual podría generar desventajas para favorecer una transferencia tecnológica y el desarrollo de un sector biotecnológico en los países en desarrollo que permita generar una ventana de oportunidades para alcanzar un nivel de industrialización que esté adecuado a sus necesidades y no a las necesidades de las empresas transnacionales y los países desarrollados.

Metodología:

Partiremos de la comprensión de los ciclos económicos apoyándonos en los primeros estudios y explicaciones teóricas que hizo el economista ruso Nicolai Dimitriev Kondratieff, quien fue de los primeros economistas en abordar el tema de los ciclos económicos.

Posteriormente, se usa el concepto de la innovación y la tecnología como motores del capitalismo que propone Schumpeter, ya que el economista austriaco también notó la presencia de ciclos económicos, proponiendo como causa endógena las innovaciones tecnológicas, que permiten al capitalismo entrar en fases de auge y recesión. Para Schumpeter las innovaciones tecnológicas son realizadas por los capitalistas que buscan recuperar o obtener mayores tasas de ganancias, que provoca que con la aparición de una nueva tecnología aparezcan nuevas funciones de producción y curvas de costos, provocando que la economía siempre se encuentre en constante movimiento y que no se alcance un punto de equilibrio como lo propone la teoría ortodoxa. Dentro del análisis de Schumpeter se debe de desatacar su concepto de “Destrucción Creativa”, pues con la aparición de una nueva tecnología siempre aparecerán y desaparecerán ciertas industrias, fuerza de trabajo con cierta capacidad técnica será desplazada, para incorporar la nueva fuerza de trabajo que cuenta con las nuevas capacidades técnico-científicas, habrá infraestructura que será remplazada, etc.

Apoyados del análisis de los ciclos económicos propuestos por Kondratieff y Schumpeter, analizaremos las aportaciones desarrolladas por la Escuela de Sussex en cuanto a la función de los inventos y las innovaciones dentro de la economía y la sociedad, para posteriormente abordar el modelo propuesto por Carlota Perez con sus dos periodos, cada uno con dos fases y un intervalo de reacomodo que se presenta en el ciclo, así como también comprender su concepto de paradigma tecnoeconómico.

Empleando este marco teórico, comenzaremos a abordar el tema de la biotecnología y nuestra propuesta como posible paradigma tecnoeconómico, comprendiendo la conformación de este nuevo patrón tecnológico, apoyado en la ciencia de la vida, la trayectoria tecnológica que ha seguido y continúa siguiendo y sus diferentes características.

Introducción:

Desde su aparición en la década de los setenta, la biotecnología permaneció como una tecnología latente, la trayectoria tecnológica que siguió en esos años quedó destinada a los cuartos de laboratorios de las universidades y de las instituciones de investigación, principalmente de Estados Unidos, conformando así toda una constelación de inventos que continuarían el fortalecimiento del paradigma de la biotecnología.

Actualmente a pesar de que el paradigma de la informática sigue dominando la mayor parte de la industria, la biotecnología comienza a ganar cada día más terreno en cuanto a su aplicación en diferentes sectores de la economía, aunque aún sus aplicaciones siguen siendo limitadas y desarrolladas por unos cuantos países, a pesar de ello grandes empresas transnacionales en el campo de la medicina, la agricultura y químicos comienzan a realizar grandes inversiones en Investigación y Desarrollo (I&D), adquisición de pequeñas y medianas empresas de base biotecnológica y conformación de clusters, con la finalidad de obtener los nuevos beneficios que esta tecnología presenta. Ligado a ello se encuentra también la decisión por parte de los Gobiernos de los países desarrollados en promover el uso de la biotecnología, la conformación de polos tecnológicos y la conformación de una Bioeconomía.

Organismos internacionales como la ONU, FAO, BM, OCDE, etc actualmente resaltan la importancia de la biotecnología en distintos sectores de la economía, como el sector de la salud aprovechando las ventajas para la producción de nuevos medicamentos y terapias; en la agricultura empleando organismos genéticamente modificados que permitan incrementar la productividad de los cultivos y hacer frente al estrés ambiental o en el sector industrial para la producción de biocombustibles, todos estos casos son algunos ejemplos para los cuales actualmente la biotecnología tiene aplicaciones.

Por otro lado también existe un gran debate debido a la aplicación de la biotecnología, ya que al ser una tecnología que trabaja a nivel genético los riesgos de contaminación génica pueden ser elevados si no se toman las medidas adecuadas, que podría representar un grave problema para el mundo, las especies que lo habitan, los ecosistemas y el ser humano, por lo tanto es necesario realizar todos los estudios científicos necesarios para medir el impacto de las aplicaciones biotecnológicas y si existe algún riesgo, para tal motivo se requiere contar con las instituciones y leyes adecuadas.

Pero hablar de biotecnología, no es sólo hablar de tecnología avanzada en el campo de la biología y la ciencia de la vida, debemos de entender que papel juega la información y también de que manera la biotecnología se apoya de las tecnologías de la informática. Uno de los fundamentos y bases del desarrollo de la biotecnología son los genes que comienzan a ser considerados como materia prima para el desarrollo y despliegue de esta fuerza productiva, todo este banco de genes se encuentra presente en toda la biodiversidad existente en el mundo , principalmente concentradas en el hemisferio sur del planeta y en países en desarrollo, para muchos de estos países que cuentan con megabiodiversidad, la aparición de la biotecnología puede significar un ventana de oportunidades que les permita desarrollar e impulsar sus economías, el problema que enfrentan actualmente es que la mayoría de la información genética está siendo catalogada por empresas transnacionales y países desarrollados para posteriormente aprovecharlas en la producción diversos bienes y servicios, provocando que los países en desarrollo sólo se estén convirtiendo en países que proporcionan la materia prima de esta tecnología.

La Biotecnología es una tecnología que viene a replantear de muchas formas la manera de producir al interior de la industria y de reorganizar la estructura socioeconómica, en sus diferentes planos. Actualmente se presenta como el próximo posible paradigma tecnoeconómico a pesar de que durante años estuvo presente como una tecnología en gestación. A inicios del siglo XXI comienza a despertar para mostrar su capacidad para influir en diferentes sectores de la economía y de la sociedad.

I. Las revoluciones tecnológicas y la formación de paradigmas tecnoeconómicos

Los desarrollos técnicos y tecnológicos han jugado un papel importante en el desarrollo de la sociedad humana, presentándose con mayor fuerza e importancia dentro del modo de producción capitalista, principalmente a partir de la revolución industrial inglesa que se dio a finales del siglo XVIII, subsecuentemente las revoluciones tecnológicas de los siglos XIX y XX, que permitieron el despliegue y el desarrollo acelerando de las fuerzas productivas del sistema capitalista. En la industria se establece una fuerte vinculación entre conocimientos y técnica para el desarrollo de tecnología. Conforme van avanzando los conocimientos, la ciencia surge como un elemento fundamental en el desarrollo de nuevas tecnologías, encargada de generar todo un aparato sistematizado de conocimientos¹, desplazando el conocimiento empírico que caracterizó a los primeros avances que dieron origen al capitalismo industrial, de tal modo, la sistematización del conocimiento científico comienza a tomar un mayor impulso a finales del último cuarto del siglo XIX.

Técnica, ciencia y tecnología son fundamentales en el desarrollo tecnológico del siglo XIX y XX, surgiendo sectores específicamente destinados a la Investigación y el Desarrollo (I&D), impulsado tanto por el sector privado (empresas) como por el sector público (centros de investigación, universidades, etc.)

El despliegue de las revoluciones tecnológicas han provocan una serie de cambios en la economía y en la sociedad, formando y desarrollando nuevas maneras de articular las relaciones de producción, modificando los gustos y el consumo de la sociedad, sustituyendo y empleando diferentes recursos naturales o insumos energéticos, reorganizando o introduciendo modificaciones al aparato institucional encargado de regular a la economía y a la sociedad. De este modo, podemos hablar de un paradigma tecnoeconómico ya que no sólo considera aspectos económicos, sino también aspectos sociales e institucionales.

“Un paradigma tecnoeconómico es, entonces, un modelo de óptima práctica constituido por un conjunto de principios tecnológicos y organizativos, genéricos y ubicuos, el cual representa la forma más efectiva de aplicar la revolución tecnológica y de usarla para modernizar y rejuvenecer el resto de la economía. Cuando su adopción se generaliza, estos principios se convierten en

¹ Una importante referencia para entender el desarrollo de la ciencia se encuentra en Thomas S. Khun “La estructura de las revoluciones científicas”, FCE, México, 2007

la base del sentido común para la organización de cualquier actividad y la reestructuración de cualquier institución”²

Para entender el concepto de paradigma tecnoeconómico propuesto por Carlota Pérez, es necesario retomar el análisis de los ciclos económicos y las revoluciones industriales comprendidas en un proceso de ondas largas.

Otro elemento importante es la especificidad histórica que se refiere a los diferentes contextos históricos que surgen en el tiempo y en el espacio; cada época y lugar cuentan con particularidades, permitiendo que se adapten de diferente forma los acontecimientos que se dan en la economía y en la sociedad.

El objetivo general de este trabajo es entender el desarrollo de la biotecnología y sus implicaciones socioeconómicas, proponiendo que la biotecnología se está conformando como el próximo paradigma tecnoeconómico, pero antes de avanzar hacia este tema, hemos considerado necesario hacer una breve explicación de cual es el papel de las revoluciones tecnológicas dentro del capitalismo.

En el primer capítulo nos concentraremos en presentar un breve interpretación del desarrollo tecnológico partiendo del análisis de los ciclos económicos, sin que perdamos de vista la especificidad histórica. Para ello recurriremos a hacer una breve explicación de los ciclos económicos de Schumpeter y las aportaciones realizadas por la escuela de Sussex básicamente en la interpretación realizada por Freeman y Pérez.

Los ciclos económicos:

El análisis de los ciclos económicos dentro de la literatura económica comienza en los siglos XVIII y XIX, al observarse que la economía presentaba fluctuaciones irregulares, debido a la existencia de periodos de auge y periodos de recesión económica. Un de los principales autores que habla de la existencia de ciclos económicos fue el economista Ruso Nicolai Dimitriev Kondratieff, que se encargó de analizar las economías de los países desarrollados abarcando el periodo de 1877 hasta

² Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México. 2004

1920³. Conforme fue avanzando en su estudio, basado en un análisis estadístico de la evolución del producto, el nivel de precios y los precios de los productos agrícolas, el economista ruso se percató de la existencia de ondas largas las cuales estaban conformadas por periodos de auge y periodos de recesión. Para dar respuesta al por qué de la existencia de ondas largas dentro de la economía el análisis de Kondratieff consideró a la tecnología como un elemento causante de la existencia y conformación de ellas, y señala lo siguiente:

“Las modificaciones en la técnica ejercen, indiscutiblemente, una enorme influencia sobre el curso de la dinámica capitalista. Pero nadie ha demostrado que estas modificaciones en la técnica sean de origen causal y externo.

Las modificaciones en las técnicas de producción se hallan condicionadas por dos premisas: primera, ha de contarse ya con los necesarios inventos y descubrimientos científicos de carácter técnico. Pero, desde el punto de vista científico, se cometería un error mayor aún suponiendo que la dirección e intensidad de estos descubrimientos son completamente causales; es mucho más probable que esta dirección e intensidad sean una función de la exigencia de la realidad práctica y del desarrollo anterior a la ciencia y la técnica.

Ahora bien, para una modificación efectiva de la técnica de la producción no es suficiente disponer de inventos técnicos éstos pueden permanecer sin surtir efecto mientras falten las premisas económicas para su aplicación, como lo demuestra el ejemplo de los inventos técnicos hechos en el siglo XVII y XVIII, que no encontraron aplicación en gran escala hasta la revolución industrial de fines del siglo XVIII. Pero, de ser esto cierto, carece de fundamento la suposición de que las modificaciones de la técnica son de carácter causal y no tiene su origen en el

³ Kondratieff dentro de su análisis señala que hay cinco características de las ondas largas dentro de la economía: 1) “Las ondas largas se dan realmente en el mismo proceso dinámico complejo en el que se desenvuelven los ciclos medios de la economía capitalista, con sus fases principales de prosperidad y depresión. Estos ciclos medios recibe, sin embargo, un sello característico, como consecuencia de la existencia de los ciclos largos. El examen demuestra que durante la fase ascendente de las ondas largas predominan, por lo regular, los años de prosperidad de los ciclos medios, y durante el descenso, los años de depresión; 2) Durante la fase descendente de los ciclos largos, los agricultores suelen experimentar una depresión muy aguda y persistente, así sucedió después de las guerras napoleónicas y a partir de 1870, aproximadamente observamos también el mismo fenómeno durante la guerra mundial; 3) Durante el descenso de los ciclos largos se llevan a cabo muchos e importantes descubrimientos e inventos en la técnica de la producción y del tráfico, lo que, sin embargo, sólo suelen aplicarse en gran escala a la vida económica práctica cuando comienza un nuevo y persistente ascenso; 4) Durante el periodo inicial de un persistente ascenso suele incrementar la extracción de oro y ampliarse el mercado mundial, intensificándose la incorporación de países nuevos, y especialmente coloniales; 5) Durante la fase ascendente de las ondas largas, es decir, durante la alta tensión en el crecimiento de la vida económica, se produce, por regla general, la mayoría de las guerras y revoluciones importantes” Kondratieff, N. “Los Ciclos económicos largos”, Edit Akal, España, 1979 p56-57

desarrollo económico. Más arriba hemos visto que el desarrollo de la técnica está acompasado al ritmo de las ondas largas.”⁴

De esta forma Kondratieff deja claro que la tecnologías dentro del capitalismo no es una variable exógena, sino que más bien ésta es endógena, ya que existen causas económicas que determinan su aplicación, pues como él mismo señala, pueden haberse desarrollados avances científicos y tecnológicos, pero mientras estos no puedan ser aplicados con un fin económico, permanecerán latentes, aguardando el momento en el que para el capital les sean útiles, principalmente en el proceso de producción.

Otros economistas que continuaron con el análisis de las ondas largas para comprender los ciclos económicos son el: Economista austriaco Joseph A. Schumpeter, posteriormente el análisis de los ciclos económico de onda larga con sus respectivos periodos y fases, propuesto por Carlota Pérez y Christopher Freeman (Escuela de Sussex).

El análisis de los ciclos económicos de Schumpeter

Schumpeter observó la presencia de ciclos dentro de la economía capitalista, y que estos ciclos siguen un camino de fluctuaciones irregulares, apareciendo periodos de auge y de recesión, incluso en caso de que el sistema no cuente con una intervención adecuada por parte de los agentes económicos, principalmente la intervención por parte del Estado con la aplicación políticas económicas (dado que la capacidad de ajuste natural del sistema es limitada), se puede llegar a la depresión, este periodo puede ser prolongado y su tiempo de duración es indefinido pero no permanente.

Desde la perspectiva de Schumpeter los ciclos económicos pueden ser explicados por factores exógenos, pero su investigación estaba encaminada a buscar las causas endógenas que los originan, para así avanzar en la explicación de los periodos de auge, recesión, reanimación y depresión.

Schumpeter pone en el centro a las innovaciones realizadas por los empresarios como el motor de los ciclos económicos. La finalidad de introducir innovaciones, es lograra obtener mayores beneficios y evitar la caída de la tasa de ganancia, en otras palabras son los intereses subjetivos que llevan al empresario a desarrollar innovaciones,(en este punto Schumpeter se acerca al análisis realizados por Marx), que le permiten disminuir los costos e incrementar sus utilidad. El surgimiento

⁴ ” Kondratieff, N. “Los Ciclos económicos largos”, Edit Akal, España, 1979

de una innovación implica la aparición de nuevas funciones de producción y no un desplazamiento de las ya existentes, que tienden a ser sustituidas o a desaparecer, esto implica el surgimiento o la configuración de nuevos sectores industriales, donde las industrias maduras del viejo patrón tecnológico se ven obligadas a asumir o incorporar los nuevos desarrollos tecnológicos, pues en caso de no hacerlo corren el riesgo de desaparecer. El proceso de transición no es sencillo, presentando una serie de alteraciones en el sistema económico y social.

Si entendemos a la función de producción como la combinación de factores productivos que se emplean para la elaboración de un bien, al incorporarse estas nuevas funciones de producción debido al desarrollo de innovaciones surgen nuevos productos o se rejuvenecen los viejos, del mismo modo, estas funciones nos permiten una nueva forma de distribución de los factores productivos, siendo uno de los más importantes el trabajo. Las innovaciones tecnológicas provocan cambios en la proporción empleada de capital constante y capital variable, generalmente hay una tendencia disminuir la fuerza de trabajo o el factor trabajo, más adelante presentaremos una breve explicación de este acontecimiento presentándose como una contradicción en el desarrollo capitalista.

Con la aparición de las nuevas funciones de producción surgen nuevas curvas de costos medios y marginales dentro de las empresas, esto significa, que no hay desplazamiento de las curvas de costos ya existentes, sino más bien son sustituidas por las nuevas curvas costos.

El análisis de Schumpeter parte del equilibrio Wallrasiano (existe la presencia de un punto de equilibrio hacia el cual se mueve la economía), a pesar de aceptar este supuesto de un equilibrio general al inició de su análisis, posteriormente habla más bien de la existencia de zonas de equilibrio dentro de las cuales se mueve el sistema económico buscando alcanzar el punto de equilibrio pero sin lograrlo. Se observa la existencia de desequilibrios y ajustes en el tiempo, provocados por las innovaciones que a su vez originan los ciclos económicos, cabe señalar que no sólo se generan ciclos económicos a partir de las innovaciones, sino también existen ciclos económicos provocados por otras causas económicas y los que surgen a partir de factores exógenos, presentándose una interacción entre ciclos económicos provocados por las innovaciones y los ajenos a ellas.

Schumpeter incorpora el análisis de la existencia de otros ciclos económicos, retomando los estudiados por otros autores, poniendo especial atención a los ciclos de Kondratieff, Juglar y Kir-

chner, siendo el más importante el ciclo de onda larga de Kondratieff, no por ello, los otros dos carecen de importancia ya que entre ellos existe una relación de interdependencia.⁵

La existencia de zonas de equilibrio, que se mueven debido a la aparición de innovaciones, también se explica por la existencia de competencia entre los capitalistas, ya que siempre buscan nuevas formas de reducir costos y obtener mayores utilidades, una forma de lograrlo es introduciendo innovaciones, para ello es necesario la presencia de personas que toman el riesgo, es decir los “emprendedores”, que se arrojan a plantear nuevas formas de hacer las cosas, sin tener la completa certeza de que llegarán a tener éxito, pero cuando esto último sucede, se comienza a marcar las diferencias entre un nuevo modo de producir y el viejo patrón. El nuevo patrón que se presenta comienza a generar mayores beneficios, dando muestra de su superioridad productiva y de obtención de ganancia en contraposición al viejo paradigma. Con el paso del tiempo todo paradigma se convierte en tecnología genérica y en sentido común para la sociedad (la tecnología es asumido por la mayoría de las industrias y la sociedad), conforme se va desplegando su potencial también se van observando sus limitaciones, hasta llegar el momento en que dicha tecnología ha alcanzado los límites de sus potencialidades y deja de mostrar altos niveles de productividad reflejándose en la caída de utilidades de las empresas o en una mayor dificultad por obtener ganancia.

En el proceso de cambio de patrón puede surgir fricciones, presentándose resistencia al nuevo modo de hacer las cosas, pero también representa una oportunidad para que otros agentes económicos sigan el camino de los primeros “emprendedores”, convirtiéndose en seguidores que pueden comenzar a imitar el nuevo proceso, incluso a mejorarlo o también aprovecharlo para rejuvenecer los viejos productos. En este caso, los seguidores incorporaran con mayor facilidad la nueva tecnología o conocimiento, dado que no tuvieron que enfrentar los problema de fricciones o resistencias de los que emprenden la innovación, es decir los seguidores pueden enfrentar un bajo nivel de barreras a la entrada, pero esto sólo sucede durante los primeros años, ya que conforme pasan los años de la aparición de la revolución tecnológica la posibilidad de asimilarla los conocimientos tanto técnicos como científicos es más compleja, lo que provoca que se generen brechas tecnológicas.

⁵ Véase “Los ciclos económicos: Análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista” Capítulos IV y V de Joseph A. Schumpeter. El autor señala que un Kondratieff contiene seis Juglares y que un Juglar contiene 3 Kirchner, aunque esto no se debe cumplir de forma estricta.

El supuesto de competencia perfecta bajo el cual funciona la economía (posteriormente Schumpeter abandona este supuesto para acerca su modelo a la realidad), permite que el mercado establezca los canales de comunicación entre los capitalistas, lo cual genera competencia y un afán de los capitalistas por no quedarse atrás, de este modo buscarán incorporar o asimilar de manera rápida las innovaciones, provoca que las ganancias extraordinarias que podría obtener una empresas o sector industrial queden anuladas en un corto plazo, este es un supuesto demasiado restrictivo y más si observamos la realidad capitalista donde el proceso de incorporación y asimilación de nuevas tecnologías suele darse con un ritmo lento y más en los países subdesarrollados o como lo señalan Pérez y Freeman en la periferia. A pesar de que el análisis de Schumpeter parte de este supuesto, no niega la existencia del Monopolios e incluso afirma que este tipo de mercado esta más acorde con la realidad, desarrollando posteriormente su concepto de capitalismo trustificado (no nos detendremos en la explicación de éste).

Como ya señalamos anteriormente, el surgimiento de una innovación, implica una confrontación entre el viejo modo de hacer las cosas y el nuevo patrón, para explicar esta proceso Schumpeter empleo el término de “Destrucción Creativa”, el cual es empleado para explicar como con cada surgimiento de una revolución tecnológica, los viejos patrones tecnológicos pueden quedar anulados o ser desplazados, esto se puede observar con la aparición y la desaparición de nuevas industrias, con la generación de nuevos empleos y la destrucción de otros, debido al requerimiento de mano de obra que cuenten con las nuevas habilidades técnicas para el uso de las nuevas tecnologías o innovaciones que son introducidas dentro de la industria⁶ y que se encuentra estrechamente ligadas con la conformación de las nuevas industrias, otro aspecto es la generación de nueva infraestructura y la obsolescencia de otras⁷,

Por último, otra aportación realizada por Schumpeter, es señalar que las innovaciones no se dan de forma continua, es decir el desarrollo tecnológico no es lineal y tampoco se da de forma horizontal, esto último se debe a que las innovaciones se encuentran dispersas en el tiempo y que se agrupan en un sector industrial y al rededor de los sectores más cercanos a éste, es decir se forman racimos de innovaciones. En cuanto a que la tecnología no se desarrolla de forma lineal se debe a

⁶ Un ejemplo de ello es la existencia de desempleo cíclico y estructural que se presenta en las economías de los diferentes países.

⁷ Es cierto que alguna parte de la infraestructura se convierte en obsoleta, debemos de señalar que otra sigue siendo aprovechada dentro del nuevo paradigma, aunque esta no ocupe ya el lugar central del desarrollo económico.

que la economía y el capital primero buscarán desarrollar toda la potencialidad del paradigma antes de lanzarse en la búsqueda y desarrollo de un nuevo paradigma. Este análisis deja abierta una serie de dudas en cuanto a como se conforman los inventos y las innovaciones que forman parte de las revoluciones industriales, puesto que en el análisis de Schumpeter no marca la diferencia entre inventos e innovaciones⁸, hechos que abordaremos con las aportaciones realizadas por la escuela de Sussex, principalmente Freeman marca la diferencia entre inventos e innovaciones

La escuela de Sussex: Freeman y Pérez.

Freeman realiza un estudio detallado del ritmo de inventos que se llevan a cabo durante la tercera revolución tecnológica; la revolución de la electricidad, el acero, la industria pesada y la cuarta revolución industrial⁹; la revolución del automóvil (motor de combustión interna) y la producción en masas. Observa que se generan toda una serie de inventos y conocimientos científicos antes y después de cada revolución, todos ellos ligados a una nueva forma de producción y organización dentro de la industria.

En los casos que anteceden a la tercera revolución industrial, se comienzan a elaborar técnicas para mejorar la producción del acero, esto provocó que el hierro comenzara a ser desplazado por el acero, debido a que este material es más resistente y útil en la elaboración de maquinaria. De esta forma observamos como se comienza a desplazarse un patrón, que si bien no es de manera instantánea, si comienza a quedar al margen, a la par surgen más inventos agrupados alrededor de una industria. Otros de las innovaciones importantes de este periodo fue el dínamo eléctrico, que permitió emplear la energía eléctrica de forma intensiva en la industria favoreciendo el proceso productivo.

En el caso de la cuarta revolución industrial, existen una serie de inventos que giran alrededor de una industria, la automotriz, acompañada del aprovechamiento de los combustibles fósiles, principalmente el petróleo funcionando como insumo y recurso natural clave. Alrededor de la in-

⁸ Simón Kuznets plantea que “el progreso técnico no consiste solo en inventos o innovaciones que requieren grandes inversiones de capital, sino también en una corriente de cambios y mejoras, relativamente baratas, cuyo efecto acumulativo es una drástica reducción de input de recursos acompañada de una serie de incrementos de output. El principal stock de capital de las naciones industrializadas avanzadas no es su equipo material, sino el conjunto de sus conocimientos obtenidos a partir de los hallazgos comprobados que les procuran las ciencias Empíricas y la capacidad y destreza de su población para servirse de dichos conocimientos con eficiencia.” Kuznets, Simon, “Crecimiento económico y estructura económica”

⁹ Freeman, Christopher “La teoría económica de la innovación industrial”, capítulo I y II

industria petrolera se agrupan una serie de avances y descubrimiento químicos por ejemplo: catalizar y mejorar los procesos de obtención de gasolina, permitiendo que puedan ser aprovechados de mejor manera por los motores de combustión interna, que a su vez también presentaron cambios para elevar su eficiencia y aprovechamiento. Otro ejemplo son las bases químicas para la elaboración de plásticos de origen sintéticos empleados en la industria textil.

Aunque se asume que el gran cambio tecnológico fue la aparición del modelo T de Ford, éste se debe observar como un punto de referencia, ya que la forma de organización industrial para su producción es otro elemento clave para entender esta innovación, esta nueva forma de producción fue la cadena de ensamblaje, que trae consigo una redefinición en el modo de organización dentro de la industria, puesto que está basada en la automatización de las tareas llevadas a cabo por los trabajadores, que cada vez se dedican a una actividad específica dentro del proceso productivo, observamos una división del trabajo cada vez más marcada, bajo estas circunstancias el trabajador se convierte en una pieza del aparato industrial produciendo al ritmo que marcan las máquinas. Se comienza a acelerar el proceso de automatización, mecanización y estandarización que se introduce en la incipiente industria del automóvil de inicios del siglo XX, y posteriormente se difunde en las demás industrias, con ello se da entrada a la producción de masas de bienes de consumo y de capital de mediados de la década pasada, aunado a ello debemos de mencionar que también existe un cambio en el patrón de consumo en la población.

Lo que nos interesa en esta parte es entender como surgen un conjunto de inventos que podemos clasificar como una "constelación de innovaciones" (Freeman y Pérez), los cuales se agrupan alrededor de una innovación y que van preparando el campo para su entrada como tecnología genérica en el sistema, es decir, la constelación de inventos que se van desarrollando, comprendiendo un periodo de gestación, dando forma a la nueva revolución tecnológica, lo que más adelante se señala como la fase de irrupción (Pérez). Observamos entonces que existe una diferencia entre inventos e innovaciones. Como señala Schumpeter estos aparecen de forma discontinua en el tiempo y que se agrupan alrededor de una industria es decir de forma vertical y posteriormente cuando se pasa de un periodo de gestación a un periodo en que se comienza a difundir el nuevo avance tecnológico junto con sus demás técnicas, conocimientos científicos e inventos, se abre paso a un nuevo ciclo dominado por el nuevo patrón tecnológico, donde este nuevo patrón tecnológico conforme va mostrando sus bondades y más por que permite recuperar las ganancias de las empresas y las industrias se convierte en tecnología genérica que asume el sistema económico-social, también existe la

posibilidad de que el viejo patrón no sea desplazado por completo y que incluso este funcione también bajo el dominio del nuevo patrón.

Ya hemos mencionado cual es la diferencia entre invento e innovación, ahora pasaremos a hacer un breve bosquejo del modelo propuesto por Carlota Pérez que retoma el análisis elaborado por Schumpeter, pero incorporar más elementos y desarrolla otros que ya se habían considerado.

Paradigma tecnoeconómico y sus cuatro fases.

Pérez adopta el esquema de ondas largas definido por Kondratieff que pueden mostrar una regularidad entre 50 y 60 años, aunque especifica que no necesariamente se tiene que cumplir en este lapso de tiempo y de forma estricta, un ejemplo claro y de especial atención es el Tercer Kondratieff, el que corresponde al desarrollo de la electricidad y el empleo del acero.

En su modelo identifica dos periodos cada uno con dos fases, respectivamente y un fase intermedia o más bien un breve intervalo, que se da entre los dos periodos, marcando como un intervalo de reacomodo, los dos periodos con sus dos respectivas fases son las siguientes: 1) Periodo de instalación, dentro del cual se encuentran la fase de irrupción y frenesí; y 2) Periodo de despliegue con sus dos fases, la de sinergia y madurez. Dentro del modelo, también se considera al capital financiero y las innovaciones financieras como elementos claves en el desarrollo de las revoluciones tecnológicas. El capital financiero en algún momento del ciclo se convierte en el marcapaso de la economía, esto sucede en la fase de frenesí, (esto no excluye la necesidad y la utilidad del capital financiero dentro de las demás fases). En este periodo el capital financiero se aleja de la producción, es decir de la economía real, este es un periodo dominado por la especulación, en el que el afán por obtener cada vez mayores ganancias se establece como única meta, es la época de un capitalismo tipo casino¹⁰, a esta fase se le conoce como frenesí, el desarrollo de esta fase genera una burbuja financiera, seguido de su explosión, provocando una recesión dentro de la economía (más adelante abordaremos cada fase con mayor detalle), posteriormente puede sobrevenir un lapso de reacomodo, en el que la sociedad y las instituciones juegan un papel muy importante, de no ser así, se encuentra latente el riesgo de caer en un periodo de depresión, como el observado después de la crisis de 1929, pero ello dependerá de que tan organizada esté la sociedad y las instituciones para tomar

¹⁰ Keynes, John Maynard “Breve tratado sobre la reforma económica”, FCE. 1996

decisiones, sino son las más correctas, al menos las que nos lleven a un periodo de prosperidad, que está ligado a la tercer fase de sinergia, una época de bonanza. Para considerar una revolución tecnológica y su desarrollo, es necesario considerar seis fase en lugar de solo cuatro, ya que comenzamos considerando el periodo de gestación, ubicado en la cuarta fase del viejo patrón tecnológico, es decir en la fase de maduración, posteriormente la irrupción, la fases de frenesí, el intervalo de reacomodo, la fase de sinergia, la fase de maduración y por último la primer fase del nuevo patrón tecnológico, estas dos ultimas fases comienza la interacción entre el viejo paradigma tecnoeconómico y el nuevo paradigma tecnoeconómico.

Pérez no solo considera las revoluciones tecnológicas como un echo meramente económico, sino que también, tienen que ver como un modo de organización social e institucional, con un nuevo patrón de consumo, ligado a la explotación de un o más recursos naturales en específico, la forma de pensar de la gente, sus costumbres, y el conocimiento adquirido, es decir, un modo distinto de pensar y hacer las cosas, es lo que define Pérez como paradigma tecnoeconómico, en este sentido cada vez que hablemos de un nuevo patrón o revolución tecnológica nos referiremos a ellos como paradigmas tecnoeconómicos.

Siguiendo el esquema elaborado, podemos ubicar cinco revoluciones tecnológicas y sus desarrollos presentados en los siguientes cuadros:

Cuadro 1.1 Las cinco revoluciones tecnológicas

Revolución tecnológica	Nombre popular de la época	Pías o países núcleo	Big-Bang iniciador de la revolución	Año
Primera	Revolución industrial	Inglaterra	Apertura de la hilandería de algodón de Arkwright en Cromford	1771
Segunda	Era del vapor y el ferrocarril	Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EUA)	Prueba del motor a vapor Rocket para el ferrocarril Lievrpool-Manchester	1829
Tercera	Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada	EUA y Alemania sobrepasando a Inglaterra	Inauguración de la acería Bessemer de Carnage en Pittsburgh, Pennsylvania	1875
Cuarta	Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa	EUA y Alemania (rivalizando al inicio por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa	Salida del primer motor-T, de la planta Ford de Detroit, Michigan	1908

Revolución tecnológica	Nombre popular de la época	Países o países núcleo	Big-Bang iniciador de la revolución	Año
Quinta	Era de la informática y de la comunicación	EUA (difundiéndose hacia Europa y Asia)	Anuncio del microprocesador Intel en Santa Clara, California	1971

Pérez Carlota, "revoluciones tecnológicas y capital financiero" p. 35, siglo XXI

Cuadro 1.2 La industria e infraestructura de cada revolución tecnológica.

Revolución tecnológica país-núcleo	Nuevas tecnologías e industrias nuevas o redefinidas	Infraestructuras nuevas o redefinidas
Primera: Desde 1771 La revolución industrial. Inglaterra	Mecanización de la industria de algodón Hierro forjado Maquinaria	Canales y vías fluviales. Carreteras con peaje. Energía hidráulica (con molinos de agua muy mejorados)
Segunda: Desde 1829 Era del vapor y de los ferrocarriles. Inglaterra (difundiéndose hacia Europa y EUA)	Máquina de vapor y maquinaria (de hierro movida con carbón) Hierro y minería de carbón. Construcción de ferrocarriles. Producción de locomotoras y vagones. Energía de vapor para numerosas industrias (incluyendo textil)	Ferrocarriles (uso del motor a vapor) Servicio postal estandarizado de plena cobertura. Telégrafo (sobre todo nacional a lo largo de la líneas del ferrocarril) Grandes puertos, grandes depósitos y grandes barcos par al navegación mundial Gas urbano
Tercera: Desde 1875 Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada. EUA y Alemania sobrepasando a Inglaterra	Acero barato (especialmente Bessemer) Pleno desarrollo del motor a vapor para barcos de acero Ingeniería pesada química y civil Industria de equipos electrónicos Cobre y cables Alimentos enlatados y embotellados Papel y empaque	Navegación mundial en veloces barcos de acero (uso del canal de Suez) Redes transnacionales ferrocarriles (uso de acero barato para la fabricación de rieles y pernos de tamaño estándar) Grandes puentes y túneles Telégrafo mundial Teléfono (sobre todo nacional) Redes electrónicas (para iluminación y uso industrial)
Cuarta: Desde 1908 Era del petróleo, del automóvil y de la producción en masa. EUA (con Alemania rivalizando por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa.	Producción en masas de automóviles Petróleo barato y sus derivados Petroquímica (sintéticos) Motor de combustión interna para automóviles, transporte de carga, tractores, aviones, tanques de guerra y generación eléctrica. Electrodomésticos Papel y empaques	Redes de caminos, autopista, puertos y aeropuertos Redes de oleoductos Electricidad de plena cobertura (industrial y doméstica) Telecomunicación analógica mundial (para teléfono, telégrafo y cablegramas) alámbrica e inalámbrica.

Revolución tecnológica país-núcleo	Nuevas tecnologías e industrias nuevas o re-definidas	Infraestructuras nuevas o redefinidas
Quinta: Era de la informática y las telecomunicaciones EUA (difundiéndose hacia Europa y Asia)	La revolución de la información: Microelectrónica barata Computadores, software Telecomunicaciones Instrumentos de control Desarrollo por computadora por biotecnología y nuevos materiales	Comunicación digital mundial (cable, fibra óptica, radió y satélite) Internet/Correo y otros servicios electrónicos Redes eléctricas de fuentes múltiples y de uso flexible Transporte físico de alta velocidad (por tierra, mar y aire)

Pérez Carlota, "revoluciones tecnológicas y capital financiero" p. 39, Siglo XXI

Cuadro 1.3 Una paradigma tecnoeconómico para cada revolución tecnológica.

Revolución tecnológica país-núcleo	Paradigma tecnoeconómico. Principios de "sentido común" para la innovación
Primer: La revolución industrial; Inglaterra	Producción en fábrica Mecanización Productividad/medición y ahorro Fluidez de movimiento (como meta ideal para máquinas movidas por energía hidráulica y para el transporte por canales y otras vías acuáticas) Redes locales
Segunda: Era del vapor y los ferrocarriles; Inglaterra (difundida hacia Europa y EUA)	Economía de aglomeración/Ciudades industriales/Integración vertical Centros de poder con redes nacionales La gran escala como progreso Partes estandarizadas/máquinas para fabricar máquinas Energía donde se necesite(vapor) Movimiento interdependiente (de maquinas y medios de transporte)
Tercera: Era del acero, la electricidad y la ingeniería pesada: EUA y Alemania sobrepasada por Inglaterra	Estructuras gigantescas (acero) Economías de escala en plantas/Integración vertical Distribución de energía para la industria (electricidad) La ciencia como fuerza productiva Redes e imperios mundiales (incluyendo carteles) Estandarización universal Contabilidad de costos para el control y eficiencia Grandes escala para dominar el mercado mundial/Lo "pequeño" es exitoso si es local

Revolución tecnológica país-núcleo	Paradigma tecnoeconómico. Principios de “sentido común” para la innovación
Cuarta: Era del petróleo, el automóvil y la producción en masa. EUA (con Alemania rivalizando por el liderazgo mundial) Difusión hacia Europa	Producción en masa/Mercados masivos Economía de escala (volumen de producción y mercados)/integración horizontal Estandarización de productos Uso intensivo de energías (con base en el petróleo) Materiales sintéticos Especialización funcional/Pirámides jerárquicas Centralización/Centros metropolitanos-subordinación Poderes nacionales, acuerdos y confrontaciones mundiales
Quinta: Era de la informática y las telecomunicaciones EUA (Difundiéndose hacia Europa y Asia)	Uso intensivo de información (con base a en la microelectrónica TIC) Integración descentralizada/Estructuras en red El conocimiento como capital/Valor añadido intangible Heterogeneidad, diversidad, adaptación Segmentación de mercados/Proliferación de nichos Economía de cobertura y especialización combinada con escala Globalización/interacción entre lo global y lo local Cooperación hacia adentro y hacia afuera/”Clusters” Contacto y acción instantánea/Comunicación global instantánea.

Pérez Carlota, “revoluciones tecnológicas y capital financiero” p. 44, Siglo XXI

Como podemos observar en los cuadros presentados, cada revolución cuenta con una serie de elementos que las identifican y se señalan fechas en las cuales hace irrupción la nueva revolución tecnológica, precedida del Big Bang del nuevo paradigma tecnoeconómico, pero como ya mencionamos, este paradigma comienza a gestarse años a tras, en la fase de maduración del paradigma anterior que ya se encuentra en un periodo de descenso, en el que las ganancias de las industrias que dominaron en ese periodo encuentran cada vez más dificultades para ser obtenidas, esto debido a la caída en la productividad, a la existencia de mercados cada vez mas saturados, imposibilitando la continuidad de una economía de escala, ya que los beneficios obtenidos por el paradigma se encuentran casi por completo agotados.

1. Periodo de instalación

Fase de irrupción

Esta fase se caracteriza por la aparición del nuevo paradigma tecnoeconómico, su inicio está enmarcado por el Big Bang de la nueva revolución, que no es más que la aparición de una revolución tec-

nológica que viene a transformar las estructura productiva, económica, institucional y social. Durante este periodo existe una enorme cantidad de capital ocioso, habido de buscar un lugar donde colocarse y obtener ganancias, puesto que el viejo paradigma si no es que ya ha agotado sus posibilidades ya se encuentran muy limitadas.

Este es un periodo de contradicciones profundas entre lo viejo y lo nuevo, es decir entre el viejo paradigma y el nuevo paradigma, existe una enorme resistencia al cambio, no sólo a nivel industrial, también a nivel social, político, institucional, dentro del mercado laboral, en los patrones de consumo, la cultura y el modo de pensar, la destrucción creativa comienza a mostrarse en esta fase.

A nivel industrial, las industrias que dominaron el viejo paradigma tecnoeconómico se resisten a adaptarse al nuevo paradigma, para muchas industrias puede significar su fin si no logran asimilar el nuevo paradigma, por otra parte, existen industrias y empresas que logran adoptar el nuevo patrón tecnológico, permitiendo su rejuvenecimiento no sólo de sus productos sino también en su modo de producción y su estructura organizativa. Esta es una fase, en la que el impulso económico que se ve reflejado en la recuperación de la tasa de ganancia, es generado por la nueva industria o las nuevas industrias que funcionan bajo el dominio del nuevo paradigma tecnoeconómico, la conformación y éxito de estas empresas en la industria o industrias núcleo puede ser incierto, pero cumplen con la función de ser las primeras en introducir el cambio y tienen la una gran posibilidad obtener ganancias extraordinarias o renta tecnológica.

Aparecen nuevas funciones de producción, que distribuyen de una manera diferente los factores productivos, siendo cada vez más intensivas en capital; una mayor composición en el capital fijo, que de capital variable. Las nuevas industrias impulsadas por el aprovechamiento de innovación tecnológica presentan una mayor productividad, permitiéndoles obtener ganancias extraordinarias, significando para el capital ocioso una enorme oportunidad para continuar obteniendo e incrementando sus ganancias, de esta manera, el capital que se logro acumular dentro del ciclo dominado por el viejo paradigma, comienza a ser invertido en el nuevo paradigma.¹¹

¹¹ Carlota Pérez de manera más explícita también califica a esta fase como “un tiempo para la tecnología”. Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero; la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México, 2004, pp. 80

Fase de frenesí.

Este periodo está caracterizado, por el dominio del capital financiero sobre la economía, a diferencia de la fase de irrupción, en la que por primera vez se comienzan a observar las potencialidades del nuevo paradigma y se hacen presentes la resistencia entre lo viejo y lo nuevo. En la fase de frenesí, queda claro que el nuevo paradigma representa una verdadera oportunidad para incrementar las ganancias, de esta forma el nuevo paradigma comienza a ser asumido tanto en el sector destinado a la producción como el sector dedicado a los servicios, al mismo tiempo el capital financiero se lanza a realizar fuertes inversiones en los sectores que dominan el nuevo paradigma, eso provoca un exceso de inversiones en el sector productivo, pero como se satura los espacios de inversión en la producción, el capital es desviado hacia otras actividades como la infraestructura que es necesaria para desarrollar el paradigma y también se desvía hacia la especulación en la bolsa de valores.

Durante esta fase, el capital financiero domina el crecimiento y la generación de riqueza, donde los precios de las acciones de las empresas incrementan de manera sorprendente y la generación de riqueza monetaria es demasiado ostentosa para reflejar el verdadero crecimiento de la economía. A su vez, es una fase en la que las desigualdades sociales se incrementan, por ejemplo, dentro de la distribución del ingreso se presenta una polarización entre la acumulación de riqueza y la acumulación de pobreza.

La medida de la riqueza en este momento es el dinero y no los bienes producidos, con lo que se presenta una fractura entre la economía real y la economía monetaria. Keynes denominó a estos periodos como la economía casino, debido a que se entra en un proceso de especulación basado en la creencia de que el valor de las acciones continuara aumentando, estableciendo las bases de una burbuja financiera, que en algún momento sobrevendrá con un colapso financiero.

No solo se vislumbran una innovación tecnológica, sino que durante esta fase aparecen innovaciones financieras que permiten canalizar el capital financiero hacia las inversiones especulativas.

A pesar de que esta fase, es la que presenta mayor desigualdad social, permite la creación de la infraestructura necesaria para que el paradigma pueda desarrollarse de forma más dinámica durante el siguiente periodo, a su vez, esta fase permite ver que la economía financiera no puede dominar o llevar el control por un largo tiempo de la economía, pues al final sobrevendrá una crisis ya que la riqueza generada por la economía financiera no corresponderá con la de la economía real,

que es la verdadera base de la generación de riqueza a través de la generación de bienes y servicios.¹²

Si el colapso financiero sobreviene se dará paso a una época de reacomodo.

Intervalo de reacomodo:

Este intervalo, no es una fase y se puede presentar después de la frenesí, se caracteriza por ser un intervalo en el que se deben de refuncionalizar las bases institucionales o crear las instituciones que sean necesarias para favorecer el pleno despliegue del paradigma tecnoeconómico, así como buscar los mecanismos para regular al capital financiero, ya que la fase de frenesí se caracteriza por ser un momento en el que se cree firmemente en el fundamentalismo del mercado, en el que se permite que las fuerzas del mercado interactúan libremente, coexistiendo una baja regulación del sistema financiero, así como poca intervención por parte del Estado dentro de la economía.

Este intervalo de reacomodo, tiene como característica la aparición de una crisis económica después de que la burbuja financiera explota. Por ello, se hace pertinente un momento para repensar de que manera continuar y reorientar el camino del crecimiento económico, se debe pensar en que el desarrollo económico debe estar guiado por la economía real, es decir, el capital productivo debe ser el que lleve las riendas de la economía, para lograrlo, es necesaria la intervención de los diferentes agentes económicos, principalmente la del Estado y las instituciones tanto nacionales como internacionales que permitan aplicar políticas económicas apropiadas, de ello depende que se pueda salir de una fase de recesión o que la crisis se profundice y pueda caerse en una depresión.¹³

¹² Carlota Pérez de manera más explícita también califica a esta fase como “un tiempo para las Finanzas”. Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero; la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México, 2004, pp. 82

¹³ La peor crisis por la que a atravesado el capitalismo fue la que se desencadenó después del crack del 29, pasando de un periodo de recesión a uno de depresión, este periodo es conocido como la gran depresión, después de haberse superado la depresión, el mundo enfrente crisis como la de los setenta debido al incremento en los precios de petróleo, la crisis de la deuda en los países latinoamericanos en los años ochenta, la crisis de sureste asiático en los noventa, la crisis de las empresas .com que se origino en EU en 2001 y actualmente, la crisis inmobiliaria, que se caracterizo por la aparición de bonos basura que contagiaron a todo el aparato financiero en el 2008, esta última crisis del capital comienza a ser considerada como la peor crisis después de la del 29 y sus efectos negativos pasaron de la economía financiera a la economía real, teniendo como punto de origen EU y transmitiendo su efecto a todos los países del mundo, esta crisis aun persiste, continuando con sus afectos negativos tanto a las economías desarrolladas como a las economías en desarrollo.

Este periodo puede ser también concebido como un periodo de regulación, en el que las instituciones a nivel nacional y supranacional juegan un papel preponderante, de igual modo, se hace presente la importancia de la intervención del Estado como promotor del crecimiento y el desarrollo económico. Surge la existencia de economías mixtas, en las que el mercado es importante, pero no puede ser únicamente el encargado del crecimiento y el desarrollo económico, por tal, es necesario que los Gobiernos Nacionales intervengan con políticas económicas que no estén limitadas solamente a la regulación del sistema económico, sino a la promoción de inversión, financiamiento a la industria, etc. Es decir, una política económica encaminada al crecimiento y el desarrollo económico.¹⁴

2. Periodo de despliegue.

Fase de sinergia

Una de las características más importante de este periodo, es que se presenta un reacoplamiento entre el capital productivo y el capital financiero, pues la fase de frenesí ya ha dejado una serie de experiencias en la economía, es el momento en que el capital productivo se pone a la cabeza de la economía. En esta fase se observan las ventajas obtenidas del periodo de frenesí, pues la infraestructura y las bases institucionales necesarias ya se han establecido para poder desarrollar todas las capacidades del paradigma tecnoeconómico, permitiendo observar todas las potencialidades que ofrece el nuevo paradigma.

La sociedad acepta y asimila la nueva forma de producir y de organizarse, es por ello, que se le puede llamar a la nueva tecnología como una tecnología genérica, debido a que su uso se ha generalizado, de igual forma, los conocimientos comienzan a transformarse en sentido común para la sociedad. En esta fase, las instituciones juegan un papel preponderante, es el momento en que las viejas formas de pensar se modifican por completo y esto se ve reflejado en la reestructuración institucional o la aparición de nuevas instituciones que favorezcan el desarrollo del nuevo paradigma. Las nuevas instituciones permiten la coexistencia de un contrato entre lo social y lo económico, si bien, en este periodo no se observan las grandes tasas de crecimiento y generación de riqueza espec-

¹⁴ Carlota Pérez de manera más explícita también califica a esta periodo como “una pausa para reflexionar y reorientar el desarrollo”. Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero; la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México, 2004, pp. 84

taculares que se pudieron haber observado en la fase anterior, puede percibirse un clima de armonía, en el que las brechas entre pobreza y riqueza se ven reducidas, en el que las tasas de desempleo disminuyen, existe una mejora en la calidad de vida, una mayor oferta de productos y servicios, la inflación no se presenta como un problema grave, ya que ésta es moderada o controlada, etc.

Durante este periodo, las instituciones financieras cumplen un papel central, ya que canalizan el dinero hacia inversiones productivas, este es un periodo de baja especulación, en el que surge una regulación apropiada en el sistema financiero, que cuida que no se generen los mismos vicios observados en la fase de frenesí.¹⁵

Fase de madurez.

Este momento se presenta como la fase en que el paradigma tecnoeconómico comienza a alcanzar sus límites, para este tiempo, los mercados se comienzan o ya se encuentran saturados y ya no es posible seguir aprovechando la existencia de las economías de escala (al menos en el país o países que desarrollaron el paradigma tecnoeconómico). Las industrias han alcanzado los límites de los costos marginales y ya no es posible seguir obteniendo ganancias o estas se encuentran ya muy limitadas, la productividad se ve disminuida. Las empresas que se incorporan al sistema industrial obtienen pocas ventajas y las utilidades que pueden obtener son muy bajas, para este periodo, existe de nuevo una acumulación de capital que se encuentra ocioso, provocando de nuevo que el capital financiero esté en búsqueda de nuevas oportunidades por obtener ganancias. A su vez, durante este periodo se comienza a poner atención al conjunto de inventos o constelación de inventos que darán paso a la siguiente gran innovación, la nueva revolución tecnológica y la formación del nuevo paradigma tecnoeconómico. Por consiguiente, el capital financiero comienza a explorar estos nuevos campos y hacer inversiones en los nuevos inventos o industrias que van surgiendo, al mismo tiempo, el capital financiero empieza a explorar las ventajas que puede obtener en la periferia, este es el momento en que existe un mayor movimiento de capitales hacia estas regiones del mundo, permitiendo así un cierto nivel de transferencia tecnológica.

¹⁵ Carlota Pérez de manera más explícita también califica a esta fase como “un tiempo para la producción”. Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero; la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México, 2004, pp. 86

De nuevo se hace presente un periodo de resistencia entre lo viejo y lo nuevo, para este momento las industrias que se consolidaron y que dominaron el viejo paradigma, pueden decidir aferrarse a la vieja usanza y ser marginadas o pueden comenzar a invertir en el nuevo paradigma logrando una conversión, su supervivencia e incluso dominar dentro de la industria en el nuevo paradigma o verse rejuvenecidas por el nuevo paradigma.¹⁶

Es así, que de manera muy resumida se observa la vida de un paradigma tecnoeconómico, como éste representa una explicación a la existencia de los ciclos económicos y el por qué de la existencia de periodos de auge y recesión en la economía capitalista.

Como ya mencionamos la instalación, el despliegue, conformación y difusión de un paradigma tecnoeconómico, comprende seis fases y no solo cuatro, pues la nueva revolución tecnológica comienza con la conformación de constelación de inventos, que se comienzan a realizar en el periodo de madurez del viejo paradigma, hasta que llega el momento que se da la irrupción de este nuevo paradigma con su respectivo Big Bang, seguido por la fase de frenesí y un intervalo de reacomodo, posteriormente se presenta las fases de sinergia y madurez, finalmente el paradigma tecnoeconómico que había predominado alcanza sus límites, pero aún sigue presente dentro de la fase de irrupción del nuevo paradigma.

Por último, es necesario enfatizar que en el modelo presentado por Pérez no es “camisa de varas”, pues el desarrollo de un paradigma tecnoeconómico no se presenta estrictamente de esta forma, el modelo solo ayuda a generar un cuadro que nos permite comprender como se conforma una paradigma, haciendo generalizaciones a partir de un riguroso análisis histórico. Como señala la autora, su *“valor principal es poder servir como herramienta útil para organizar la riqueza de la vida real y no para forzar los hechos a fin de acomodarlos en casilleros estrechos”*¹⁷. De igual modo, debemos entender que el desarrollo de un paradigma dentro del modelo que se acaba de presentar se refiere al desarrollo en el país núcleo, la implementación y aplicación en los países en desarrollo o la “periferia” sigue un camino distinto, que más adelante abordaremos y que para Freeman y Pérez se observa con el concepto de blanco móvil.

¹⁶ Carlota Pérez de manera más explícita también califica a esta fase como “una pausa para cuestionar la complacencia”. Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero; la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México, 2004, pp. 87

¹⁷ Pérez, Carlota, “Revoluciones tecnológicas y capital financiero; la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza”, Siglo XXI, México, 2004, pp. 215

Elementos estilizados:

Un paradigma tecnoeconómico generalmente surge en un país o un conjunto de países, considerados como el núcleo¹⁸, donde se desarrollan las nuevas industrias innovadoras, esto implica el desarrollo de nuevos modos de producción dentro de un sector específico, acompañado de una reconfiguración del modo de organización dentro de la industria, que impulsa el nuevo desarrollo tecnológico¹⁹. Estas empresas son las primeras en introducir y experimentar los primeros cambios que trae el nuevo paradigma, así como las encargadas de enfrentar las barreras a la entrada, generalmente estas empresas pueden encontrar mayores complicaciones que los capitales seguidores. Dentro del modelo presentado por Pérez, la difusión de la revolución tecnológica que marca la aparición del nuevo paradigma se origina en el país núcleo y se difunde hacia países seguidores y hacia la periferia, este último concepto se refiere a los países en desarrollo, en los cuales las posibilidades de incorporarse al nuevo patrón de desarrollo tecnológico sigue un camino distinto al que existe en los países desarrollados. Los países en desarrollo cuentan con las barreras a la entrada como los costos de incorporar la nueva tecnología o el haber asumido el viejo patrón tecnológico que dominaba el anterior paradigma tecnoeconómico.

La ventana de oportunidades que se presenta con la aparición de cada revolución tecnológica abren la posibilidad de que los países en vías de desarrollo comiencen un proceso de industrialización, crecimiento y desarrollo económico guiado por el nuevo paradigma, los ejemplos más recientes que podemos citar, son el caso de Japón que logra incorporar el nuevo patrón tecnológico en el periodo de posguerra aprovechando todas las ventajas y oportunidades que existían con el desarrollo de la informática, otros dos casos más recientes, es el surgimiento de los tigres asiáticos (Singapur, Corea del Sur y Taiwán) y el caso de China.

¹⁸ El núcleo de la primera revolución tecnológica se origina en Gran Bretaña con la revolución industrial y el desarrollo de la industria del hilado; el núcleo de la segunda revolución tecnológica se desarrolla en Gran Bretaña y se difunde hacia Estados Unidos y Europa, este es el caso de los seguidores que ven la ventana de oportunidades; la tercera revolución tecnológica se desarrolla en EU y Alemania y Gran Bretaña empieza a quedar rezagado, "Falling Behind"; la cuarta revolución industrial tiene como país de origen EU y Alemania se presenta como un fuerte competidor durante la primera mitad del siglo XX, también observamos su difusión hacia Europa; La quinta revolución tecnológica el país núcleo es EU con una difusión hacia Europa y Asia.

¹⁹ Cambios piramidales en la estructura administrativa de las empresas, la flexibilización del trabajo, trabajadores polivalentes, etc.

Como ya se menciona antes, para que un paradigma se desarrolle plenamente es necesario que se establezca y se desarrolle una infraestructura específica, aunque, también puede emplear la ya existente y desarrollada dentro del viejo paradigma añadiéndole mejoras, pero también existen infraestructuras que quedan marginadas y ya no son útiles dentro del nuevo esquema. Este desarrollo de infraestructura se va presentando, conforme avanza el paradigma²⁰, a su vez cuenta con peculiaridades dentro de cada revolución tecnológica²¹.

Con el surgimiento de nuevas industrias, que al interior de ellas conciben una nueva forma de producción, nuevas técnicas y tecnologías, surge la contradicción de crear nueva mano de obra calificada que cuente con las habilidades necesarias para llevar a cabo el proceso productivo y desplazar a la mano de obra que no cuenta con la capacitación o no puede interiorizar los nuevos desarrollos, este proceso se encuentra a lo largo de todo el ciclo económico, pero se agudiza en las fases de irrupción y de madurez, es por ello, que durante estos periodos se pueden encontrar elevadas tasas de desempleo. Este proceso puede ser asumido también como la destrucción creativa de la que hablo Schumpeter. También comienza a existir un proceso de cambios en los salarios, pues las industrias que incorporan mayor desarrollo técnico y tecnológico cuentan con una mayor productividad, provocando que sus obreros obtengan un mayor salario, a diferencia de las industrias y empresas que quedan rezagadas, dentro de estos sectores, los salarios comienzan a seguir una tendencia a la baja. De igual forma, otra implicación de la aplicación de mayor tecnología dentro del proceso productivo, es la incorporación de más máquinas que sustituyen a los trabajadores, generando un desplazamiento de la mano de obra en sustitución de las máquinas, generando también desempleo.

A partir de la cuarta revolución industrial se comienzan a incorporar más cuadros de técnicos e ingenieros que cuentan con un conocimiento científico, el cual no poseen la mayoría de los trabajadores, se observa un mayor interés por el empleo del trabajo intelectual que puede desarrollar un trabajador, con la quinta revolución industrial marcada por la aparición del desarrollo de las

²⁰ No olvidemos lo mencionado anteriormente en el modelo de Pérez, pues es la Fase de Frenesí donde se observa el mayor desarrollo de infraestructura del paradigma.

²¹ En el caso de la primera revolución tecnológica es necesario el desarrollo de las vías de comunicación marítimas y los avances en la navegación; para el caso de la segunda revolución tecnológica, fue necesario el desarrollo de las vías férreas extendiéndose a lo largo y ancho de los países núcleo; en la tercera revolución tecnológica un mayor desarrollo de las redes fluviales y marítimas, así como una mayor expansión de los ferrocarriles y el desarrollo e introducción del tendido eléctrico, principalmente en la industria que favorecía un mayor desarrollo de la maquila así como la extensión de la jornada laboral; en la cuarta revolución tecnológica fue necesario el desarrollo de las grandes autopistas y el inicio del desarrollo de las telecomunicaciones; en la quinta revolución tecnológica el desarrollo de la fibra óptica, del Internet y de las llamadas tecnologías de la información y comunicaciones (TIC)

Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones (TIC's) el trabajo intelectual pasa a conformar un lugar fundamental dentro del proceso productivo y es considerado como un factor de la producción clave.

Otro elemento importante para entender el proceso que sigue un paradigma es el papel que juegan las instituciones y la sociedad. Dentro del plano de las instituciones, es necesario que se establezcan las bases sólidas para generar un marco que permita regular el nuevo paradigma, es decir crear o modificar las leyes correspondientes, crear o reformar las instituciones que sean necesarias para regular el nuevo mecanismo que se comienza a presentar con la aparición del nuevo paradigma, permitiendo establecer las reglas suficientes para el correcto funcionamiento de la economía. Dentro del plano social, como ya señalamos, se presenta una lucha entre lo viejo y lo nuevo, entre las viejas y nuevas formas de pensar y de concebir el mundo, existen también cambios en los patrones de consumo, así como en las costumbres, a pesar de que se presenta una gran resistencia al cambio a un inicio, con el tiempo la sociedad comienza a asumir el nuevo modo de producción, esto puede ser debido a que observa los beneficios que puede obtener o por que la misma dinámica del sistema los va incorporando.

Por último, el desarrollo del nuevo paradigma también va acompañado del uso específico de uno o más insumos claves, con lo cual se conforman una serie de industrias alrededor de estos nuevos requerimientos para el desarrollo del paradigma²², en la quinta revolución tecnológica, la cual esta enmarcada por el boom del desarrollo de la electrónica y la era de la informática, cobra mayor importancia el uso de conocimiento e información²³, considerándoles como uno de los recursos mas valiosos de los que disponen las economías y sus industrias²⁴.

²² Para la primer revolución tecnológica observamos el algodón y el hierro materias primas necesarias: en el caso de la segunda revolución tecnológica el carbón y se continua con el uso de hierro; para le tercer revolución tecnológica el la sustitución del hierro por el acero; en la cuarta revolución tecnológica el uso de los combustibles fósiles principalmente el petróleo y sus diversos derivados generados gracias al desarrollo de los avances de la química, conformando así todo un sector petroquímico, también la optimización de la aplicación de la generación de electricidad; para la quinta revolución tecnológica el desarrollo de microelectrónica y microprocesadores, pero aquí hay un punto de quiebre, pues se considera también como uno de los principales recursos la información disponible en la sociedad, de ello el surgimiento de un mayor interés por el capital humano y de el trabajo intelectual que puede desarrollar un trabajador o un conjunto de trabajadores al interior las industrias

²³ Al respecto Castells menciona lo siguiente “en el nuevo modelo de desarrollo informacional, la fuente de productividad estriba en la tecnología de la generación de conocimiento, el procesamiento de la información y la comunicación de símbolos” en Castells, Manuel “La era de la Información; economía, sociedad y cultura”, Tomo I, Tercera edición, México, 2001, siglo XXI.

²⁴ Obsérvese las aportaciones echas por las corrientes teóricas de la Economía del Conocimiento

La institucionalización de la ciencia y la tecnología.

Habiendo dejado claro que un paradigma tecnoeconómico no solo se refiere a los cambios económicos provocados por la tecnología, sino, que el concepto implica abarcar un plano más amplio donde se involucra lo social, político e institucional, nos detendremos en hacer una breve explicación sobre la importancia de la institucionalización de la ciencia y la tecnología.

Al inicio de este capítulo mencionamos que a finales del siglo XIX es cuando se comienza a desarrollar la ciencia como un aparato sistematizado del conocimiento, donde ya no solo es necesario el conocimiento empírico para realizar cambios tecnológicos y científicos, debido a ello, se empieza a conformar un sector de Investigación y Desarrollo (I&D). En la primera y segunda revolución tecnológica, la I&D se realizaba de manera unilateral, por decirlo así, los avances en ciencia y tecnología se llevaban a cabo en talleres privados o por personas que buscaban una solución específica para alguna aplicación del ramo de la industria a la que se dedicaban, en estos dos ciclos que abarcan estos dos paradigmas, existe una baja conformación de un aparato u órganos ya sean privados o públicos dedicados específicamente a la I&D y eran pocas las empresas que contaban con un cuadro dedicado específicamente a ello.

Pero a finales del siglo XIX y básicamente a inicios del siglo XX se inicia una institucionalización de la ciencia y la tecnología, en la que participaron empresas privadas apoyadas por el Estado y donde las Universidades ocuparon un lugar importante, conformándose una tríada clave para la I&D, con ello podemos señalar que existe un desarrollo del aparato científico con participación tanto pública como privada.

Nelson y Rosenberg nos presentan el caso de Estados Unidos como el principal país que adoptó este modelo para la I&D²⁵, a pesar de que Alemania ya lo venía practicando con su industria química.

Ambos autores señalan que a finales del siglo XIX Alemania había conformado un aparato dedicado a la I&D con la creación de laboratorios que se especializaban en la industria química. De igual modo, para la vuelta de siglo EU había comenzado a imitar este modelo de creación de laboratorios industriales para el desarrollo de la I&D, donde los capitales privados conformaron un papel

²⁵ Para mayores referencias revisar Mowery, David C. y Rosenberg, Nathan “ Paths of Innovation” . Cambridge University Press, USA, 1998

importante en conjunto con la participación del estado, así como la generación de un marco legal que favoreciera su despegue, con la creación de las Leyes Antitrust y de patentes. Los dos autores muestran claramente como se realiza la I&D en tres sectores industriales; la ingeniería de combustión interna, la química y la electricidad-electrónica, estos tres sectores se ordenan y conforman sus propios clusters que permiten su desarrollo.

Dentro del análisis que hacen Nelson y Rosenberg, señalan la gran importancia que se le dio a la I&D después de 1940, debido a los conflictos armados de la Segunda Guerra Mundial y la Guerra Fría, así como la creciente confrontación y competencia que se daban entre EU y la Unión Soviética (URSS) en los diferentes campos de investigación tecnológica. Muchas de las innovaciones desarrolladas en este periodo estaban enfocados a las aplicaciones militares, posteriormente estas innovaciones contaron con la habilidad de ser incorporadas al mercado como tecnologías funcionales para la sociedad, para ello fue necesario que los costos fueran disminuidos para poder ser introducidos en el mercado.

La participación del Estado fue de vital importancia, debido a que se encarga de financiar investigaciones y crear departamentos para el I&D, así como destinar recursos hacia las Universidades para general proyectos de investigación, finalmente estas últimas se encontraban vinculadas con las empresas privadas de los diferentes sectores industriales. De mismo modo, las empresas privadas destinaban recursos a las Universidades para abrir líneas de I&D.

La institucionalización de la tecnología está basada básicamente en la conformación de un aparato que permita hacer investigaciones encaminadas o enfocadas en ciertos problemas o metas que buscan las industrias y las empresas dominantes de cada paradigma. Podemos retomar el concepto de Sistema Nacional de Innovación, el cual está fundado con las bases de la generación de un ambiente de innovación conformado por las Empresas, el Estado y las Universidades, así como una serie de factores que se agrupan alrededor de ellos, como la generación de políticas, de instituciones, conformación de cuadros científicos y técnicos por parte de las universidades tanto privadas como públicas, la importancia de generar mecanismo de financiamiento que posibiliten la inversión en el área de I&D, etc. todos ellos elementos que puedan favorecer el desarrollo de conocimientos tanto técnicos como científicos, que permitan resolver problemas específicos de una industria, para favorecer un mejor desempeño o volver más eficiente al aparato productivo, esto siempre bajo los cánones de un paradigma, al mismo tiempo pueden irse gestando las bases del desarrollo de un nuevo paradigma tecnoeconómico.

“El Sistema Nacional de Innovación los eslabonamientos entre las unidades tiene el carácter de:

1. Flujos Financieros, que incluyen tanto el financiamiento público, que es el más importante, pero también el financiamiento privado de innovación e inversiones en capital.
2. Eslabonamientos legales y políticos, que incluyan reglas de propiedad intelectual, estándares técnicos, políticas tecnológicas y de compras gubernamentales que se aplican básicamente a las firmas nacionales, y que proporcionan un grado de coordinación entre las unidades.
3. Flujo de información científica y tecnológica, provenientes tanto del mercado como de las economías domésticas, de la colaboración e interacciones científicas y técnicas
4. Flujos sociales, de innovación organizacional entre firmas, y del personal, principalmente desde la universidad hacia la industria, pero también de una firma a otra.”²⁶

La aparición de un nuevo paradigma tecnoeconómico y la posibilidad para los países en desarrollo de pasar a la posición de países industrializados.

Con la aparición de un nuevo paradigma tecnoeconómico que permite el desarrollo de un nuevo ciclo económico, se abre la posibilidad para que los países en desarrollo se pongan en la vía para alcanzar una industrialización basada en el nuevo patrón tecnológico, que posibilite su paso de una economía en desarrollo a una economía desarrollada, este proceso es complejo y se ve influenciado por una serie de factores que no son de carácter meramente económicos. Los países que inician este proceso, se encuentran persiguiendo un “blanco móvil”, que para ser alcanzado, es necesario que se conjuguen una serie de elementos económicos, políticos, sociales e institucionales.

“Los países en desarrollo persiguen, pues, un blanco móvil, que no sólo avanza constantemente, sino que también cambia de dirección aproximadamente cada medio siglo. Si se descarta

²⁶ Ryszarda Rozga, *Entre Globalización tecnológicas y contexto nacional y regional de innovación (un aporte a la discusión de la importancia de lo global y lo local para la innovación tecnológica)*. En *Innovación, Universidad e Industria en el Desarrollo Regional*, Coordinadores Leonel Corona y Ricardo Hernández, México, 2002, Ed. Plaza y Valdés

la autarquía como opción el desarrollo es cuestión de aprender a practicar este juego de desplazamientos y variaciones constantes, que también es un juego de poder.”²⁷

La existencia de ciclos económicos con una duración aproximada de 50 a 60 años y su explicación a partir de la existencia de ciclos económicos y conformaciones de paradigmas, nos permite tener un margen, que nos ayude a entender de que forma los países en desarrollo intentan alcanzar este “blanco móvil”, que se encuentra cambiando en el tiempo debido al desarrollo de la tecnología.

Ahora nos ocuparemos especialmente en observar como se conforma un paradigma en los países en desarrollo, debido a que México se ubica dentro de este grupo. Hablaremos de país núcleo ó países núcleos, cuando nos referimos a aquellos países donde se desarrolla el nuevo patrón tecnológico y nos referiremos a la periferia (concepto que se asemeja a la categoría empleada por la escuela dependentista, que hace referencia al centro y la periferia, sólo que en el concepto que empleamos, la periferia cuenta con las posibilidades de acercarse e incorporarse al grupo de los países industrializados y pasar a ser parte del centro o núcleo)

La aparición de un nuevo paradigma tecnoeconómico representa una ventana de oportunidades para los países de la periferia, en el que interactúan aspectos económicos, sociales, políticos, institucionales y el estado de desarrollo en que se encuentra el paradigma tecnoeconómico en el país núcleo o los países núcleo.

En el país o conjunto de países núcleo (retomando el análisis de Fases de Pérez, la fase de maduración dentro del periodo de despliegue) cuando el paradigma tecnoeconómico se encuentra alcanzando por completo todas sus posibilidades, es cuando se presenta la disminución de la productividad en las industrias, una disminución en las utilidades, saturación de mercados y pocas ventajas para las empresas que incorporan el paradigma que está en proceso de descenso, debido a que las ganancias que pueden obtener son muy bajas; es en esta fase cuando los capitales se encuentran ociosos, cuando se llega a este punto, el capital puede seguir dos caminos:

1. Colocarse en la periferia a través de inversiones de capital, favoreciendo la transferencia tecnología de los países núcleo hacia la periferia, con la finalidad de obtener ganancias que

²⁷ Carlota Pérez, *Cambio Tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil*, en la Revista de la CEPAL No. 75, Año 2005

aún le puedan permitir el paradigma que se encuentra casi agotado en los países núcleo, pero que no se encuentra completamente instalado en la periferia.

2. Comenzar a dirigir su capital ocioso hacia inversiones que apoyen la gestación o conformación del nuevo paradigma, es decir, inversiones destinadas a apoyar las innovaciones tecnológicas. Esto se debe, a que las ganancias obtenidas por el paradigma vigente siguen una tendencia decreciente, por lo tanto, los capitalistas buscan nuevas formas de producción que permitan impulsar la productividad y a su vez impulsar la generación de ganancias.

El capital ocioso que se coloca en la periferia vía Inversión Extranjera Directa (IED) que esta dirigida a la industria y a al sistema productivo de los países de la periferia busca obtener ganancias, esto se debe en parte, a que los países de esta región pueden desarrollar aún economías de escalas, además de contar con costos de producción menores, siendo uno de los elementos claves el factor trabajo, ya que la mayoría de estas regiones cuentan con salarios bajos. La inversión que se genera dentro de los países de la periferia trae consigo el establecimiento de ciertas industrias que forman parte del paradigma tecnoeconómico, al suceder esto, a la par se esta generando una transferencia tecnológica. También, dentro de este periodo se puede generar un endeudamiento muy elevado lo que puede derivar en una crisis de endeudamiento, como fue el caso de los países Latinoamericanos durante la década de los ochenta.

La posibilidad de transferencia tecnológica que se da en los países en desarrollo también se debe a que con el paso del tiempo el uso de la tecnología genérica dentro de la industria ha permitido la automatización, estandarización y mecanización, lo que implica un menor empleo de cuadros de trabajadores con un alto nivel de preparación, ya sea técnico o científico,²⁸ por eso puede resultar ventajoso, desplazar ciertas industrias hacia la periferia que se encarguen de un conjunto de procesos productivos, ya que no es necesario que la mano de obra cuente con un elevado grado de calificación tanto técnica y científica. Esto sucede en la fase de maduración cuando el proceso de producción se caracteriza por tener un uso más intensivo en capital.

Lo países de la periferia comienzan a permitir la entrada de estos capitales y la transferencia de tecnología puede ocurrir, de ser así, ésta es vista como una oportunidad para favorecer el esta-

²⁸ “Las tecnologías tienden a hacer uso más intensivo de mano de obra durante sus fases iniciales y a utilizar personal relativamente costoso de alto conocimiento y calificación. En cambio, cuando se aproxima a la madurez, ya están utilizando procesos altamente estandarizados, mecanizados y automatizados” pp117 en Carlota Pérez, *Cambio Tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil*, en la Revista de la CEPAL No. 75, Año 2005

blecimiento y conformación de ciertas industrias, permitiendo a su vez generar empleos y contribuir con el crecimiento económico. El problema es que los beneficios expresados en ganancias industriales que se pueden obtener por la transferencia de estas tecnologías están por agotarse y las ventajas que pueden obtener de ello son muy pocas, por otro lado, pueden existir efectos positivos como la ya mencionada transferencia de tecnología y de conocimiento, la creación de infraestructura, la generación de más bienes y servicios, así como en una nueva forma de organización, que en su momento, si son bien aprovechadas pueden funcionar como plataforma para introducir y asimilar el próximo paradigma que está por aparecer.

El otro camino que sigue el capital ocioso sucede al mismo tiempo en que se lleva a cabo la transferencia tecnológica de ciertos sectores industriales a los países en desarrollados, puesto que en los países en desarrollo ya se ha iniciado de nuevo un proceso de búsqueda de innovaciones apoyado por la inversión de capital ocioso en sectores de innovación, permitiendo a la industria impulsar de nuevo la productividad y alejarse del estancamiento o pérdida de ganancias. Si seguimos el análisis elaborado por Schumpeter, este es un periodo en el que la economía se estaba moviendo hacia un equilibrio, pero debido a que las ganancias de las empresas seguían una tendencia decreciente, pues el patrón tecnológico se encuentra casi agotado, se hace pertinente la entrada de una nueva tecnología que permita introducir nuevas funciones de producción y curvas de costos medios y marginales, para impulsar de nuevo la productividad y permitir que las utilidades no sigan con la tendencia decreciente, abriendo la posibilidad de que las ganancias se recuperen e incluso obtener ganancias extraordinarias, como ya mencionamos al aparecer nuevas funciones de producción y curvas de costos, las antiguas son destruidas o sustituidas por las nuevas. Lo anterior provoca que se genere un nuevo punto de equilibrio que constantemente será modificado por los inventos que se van agrupando alrededor de la innovación principal o del paradigma tecnoeconómico, es por ello, que Schumpeter señalaba que en la economía aunque se tendía hacia el punto de equilibrio, éste nunca será alcanzado, pues éste se modificaba constantemente y por ello Schumpeter aclaró que era mejor hablar de zonas de equilibrio en las cuales se movía la economía.

Estos dos procesos que dirige el capital en búsqueda de ganancias, permiten que los países de la periferia puedan incursionar en el proceso de industrialización, pero no solo eso, sino que puedan basar su crecimiento económico bajo la guía del nuevo paradigma tecnoeconómico, aprovechando las ventajas de la transferencia tecnológica y buscar aprovechar la posibilidad de poder asumir el nuevo paradigma.

La conformación del nuevo paradigma se encuentra empalmada entre la fase cuatro y la uno, es decir en la fase de Maduración y de Irrupción, si lo viéramos de manera esquemática, estas dos fases se entrelazan para generar un periodo de transición, abriendo una ventana de oportunidades. En este periodo interactúan las tecnologías maduras y las nuevas innovaciones. La fase de madurez permite adoptar la tecnología madura, obtener unas cuantas ganancias, impulsar un ligero crecimiento y establecer una base para poder desarrollar el próximo paradigma, la fase de irrupción permite introducir la nueva revolución tecnológica, rejuveneciendo las tecnologías maduras o reemplazándolas, es aquí cuando se presenta el “gran salto tecnológico”, el cual no debe de ser entendido literalmente, pues este salto no se da de manera espontánea, sino que conlleva un largo proceso. en el que intervienen una serie de factores económicos, políticos, sociales e institucionales, sobre los cuales hay que trabajar para favorecer la transición del viejo paradigma al nuevo paradigma. Este proceso abre la posibilidad de que un país en desarrollo pase a conformar parte del “nuevo grupo de adelantados” e incluso pasar a la cabeza y conformarse como líder.²⁹

Dentro de la fase de irrupción se presentan menores barreras a la entrada para alcanzar la nueva revolución tecnológica, los costos de Investigación y Desarrollo (I&D) no son tan elevados, también el conocimiento científico y las innovaciones se pueden encontrar en el plano de bienes públicos. El éxito de incorporar la nueva revolución tecnológica dependerá de las capacidades con las que cuenta una economía nacional y su sociedad, con las capacidades de infraestructura tanto social, material, institucional y económicas, y como ya lo mencionamos anteriormente con la existencia de un Sistema Nacional de Innovación apropiado que favorezca un ambiente para la introducción de las innovaciones.

Para lograr pasar por la ventana de oportunidades o dar “el salto tecnológico” es importante que los países en desarrollo emprendan un mecanismo de aprendizaje basado en el ensayo y error debido a que conforme se va consolidando el nuevo paradigma, es decir avanzando en sus fases de desarrollo se encuentran más barreras a la entrada y la brecha tecnológica se ve ampliada.

El proceso de aprendizaje está conformado por dos tipos de conocimientos:

²⁹ La conformación del grupo de los adelantados es más común y se presenta en cada paradigma tecnoeconómico pero la aparición de un líder que lleve la cabeza en la economía mundial es un proceso más complejo que no explicaremos en este trabajo. Si observamos la historia solo se ha dado un cambio de líder con la llegada de la tercer revolución tecnológica cuando Gran Bretaña dejó de ser el Núcleo de la economía mundial y EU pasó a conformarse como el país hegemónico, cabe señalar que del periodo que comprende a la época de posguerra de la Segunda Guerra Mundial hasta 1989-1991, existe la confrontación y lucha por la hegemonía mundial entre EU y la URSS, existiendo un mundo bipolar, finalmente con la desintegración URSS, EU se reafirma como país hegemónico.

- a) El conocimiento teórico, explícito o racional.
- b) El conocimiento Implícito, tácito o sensitivo.

“De acuerdo con una concepción materialista de la realidad el conocimiento consiste en la reproducción en el pensamiento del mundo material. El proceso de conocimiento puede tener diversos grados de cientificidad, es decir, reflejar en mayor o en menor medida la esencia de los fenómenos y sus formas de manifestación en la apariencia.

En consecuencia, existen dos grandes tipos de conocimiento: 1) el conocimiento teórico, explícito o racional, que da cuenta en forma sistemática de la esencia de los fenómenos y cómo ésta se presenta en la apariencia y 2) el conocimiento empírico, implícito, tácito o sensitivo, que de manera no sistemática da cuenta de lo aparential y, en mayor o menor medida, de cómo éste oculta ciertos elementos esenciales.”³⁰

El entender que existen estos dos tipos de conocimientos, nos ayuda a observar que el proceso de aprendizaje e innovación no sólo es un proceso de acumulación de capital y de trabajo, sino también se debe a la capacidad social de aprende e interiorizar el conocimiento, en el primer tipo de conocimiento, el que se refiere al racional es el que se presenta como nuevos sistemas teóricos dentro de una ciencia o conjuntos de ciencias, el segundo tipo de conocimiento, el tácito se refiere a su aplicación, a la práctica y que dentro del conocimiento sistematizado no se hace visible a simple vista, éste suele ser desarrollado por las personas que aplican un conjunto de conocimientos, este tipo de conocimiento es más difícil de adquirir pues necesita que las sociedad que esta trabajando en él cuente con las habilidades para poder asumir y entender de manera consiente que se está aplicando un conocimiento que sólo se encontraba en esquemas teóricos, es decir llevar a la práctica los conocimientos teóricos, aunque también cabe la posibilidad de que este tipo de conocimiento pueda aparecer sin la necesidad de un aparato sistematizado de conocimiento.

Con la transferencia tecnológica del núcleo a la periferia aparece el conocimiento racional, pero la existencia de capacidades de aplicación y comprensión de su uso queda en manos del conocimiento tácito, es donde entra en juego el nivel técnico con el que cuenta la población para interiorizar el conocimiento y obtener el mayor provecho, no solo de la tecnología genérica que aparece,

³⁰ Sergio Ordóñez, *Nueva Fase de desarrollo y capitalismo del conocimiento: elementos teóricos*, en Cambio Histórico Mundial, conocimiento y desarrollo, coordinadores Miguel Ángel Rivera Ríos y Alejandro Dabat, UNAM, México, 2007

sino también, para el desarrollo de nuevos conocimientos técnico, científico y tecnológicos. Estos tipos de conocimiento permite la instalación de un paradigma que puede estar en proceso de maduración e incluso posibilitan la generación de un nuevo paradigma.

La generación u adopción de un nuevo paradigma por parte de los países en desarrollo trae consigo (de igual modo en los países núcleos) la transformación del sentido común. La economía y la sociedad de la periferia, también debe de enfrentar la confrontación entre lo los viejos modos de hacer la cosas tanto en el plano económico como social y las nuevas formas de pensar el mundo económico y social; la “destrucción creativa de Schumpeter” que no solo sucede en el plano económico sino en el social e institucional vuelve a presentarse.

Para los países en desarrollo que están proceso de asumir un paradigma tecnoeconómico que les permita alcanzar al grupo de adelantados es importante que identifiquen lo siguiente:

1. “Hay que estar consientes y mantenerse informados sobre las fases de evolución de las tecnologías específicas y de los patrones de competencia prevalecientes en los diversos segmentos de mercado, para poder identificar los interese de posibles aliados o competidores y evaluar sus fortalezas
2. Identificar la fase de despliegue en que se encuentra la revolución tecnológica.
3. La selección del ingreso dependiente o autónomo está determinado por las condiciones de las empresas específicas.”³¹

Los tres rasgo anteriores son fundamentales y es necesario que los países en desarrollo pongan especial atención para ubicar su situación, es decir, el contexto en el que se encuentran, conocer sus fortalezas y debilidades, permitiendo identificar las posibilidades de aprovechar el nuevo para-

³¹ Carlota Pérez, *Cambio Tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil*, en la Revista de la CEPAL No. 75, Año 2005 pp. 126. El tercer punto se refiere a las empresas dependientes, son aquellas empresas que forman parte de las empresas líderes del sector industrial y principalmente de la industria que domina dentro del paradigma, en el segundo tipo de empresas, se refiere a las empresas autónomas, son aquellas empresas que entran en competencia directa en el mercado. Un Ejemplo es el caso los tigres asiáticos, estos países iniciaron su proceso inserción en el paradigma tecnoeconómico de la informática, conformando en un primer momento empresas de carácter dependiente para posteriormente incorporarse con empresas autónomas, sin olvidar el importante papel que tuvo el Estado con la aplicación de distintas políticas económicas, véase Wade, Robert. “El mercado dirigido : la teoría económica y la función del gobierno en la industrialización del este de Asia”, Fondo de Cultura Económica, 1999

digma tecnoeconómico y aprovechar la ventana de oportunidades que se hace presente con cada revolución tecnológica.

II. La quinta revolución tecnológica: La era de la Informática y la comunicación y su relación con la posible irrupción de la biotecnología como paradigma tecnoeconómico.

Antes de abordar por completo el tema de la biotecnología como una trayectoria tecnológica y su posible irrupción como paradigma tecnoeconómico, es necesario entender la conformación y el despliegue de la quinta revolución tecnológica, que está marcada por la aparición de las tecnologías de la informática y de la comunicación y la posterior conformación del Sector Eléctrico-Informático (SE-I). Dado que el interés de este trabajo es la biotecnología, sólo haremos un breve resumen resaltando las características principales de la revolución informática y de las comunicaciones (RIC).

Los desarrollos tanto de la informática como de la biotecnología surgen como dos trayectorias tecnológicas, la primera en la década de los cuarenta y la segunda en la década de los cincuenta, siendo la revolución informática la que pasa a conformarse como paradigma tecnoeconómico dominante a partir de la década de los setenta, al mismo tiempo que la biotecnología seguía desarrollándose.

La quinta revolución tiene como núcleo a los EU a partir de los años cuarenta del siglo XX, donde los principales inventos fueron el primer ordenador programable y el transistor que es la fuente de la microelectrónica, aunque no fue hasta la década de los años setenta del siglo pasado, en que estas tecnologías iniciaron su irrupción como innovación tecnológica para continuar con su proceso de difusión. El que permaneciera latente se debió a que aún el paradigma que dominó la primera mitad del siglo XX, era el motor de combustión interna que tenía como industria dominante a la industria automotriz, ya en una fase de maduración.

El motor de combustión interna no debe de ser considerado como el único importante dentro de esta revolución tecnológica, otro de los aspectos importantes de este paradigma, es la introducción de una nueva forma de organización en el modo de producción, ya que con la llegada del Modelo T de Ford en 1908, se introdujo la línea de ensamblaje, que vino a revolucionar el modo de producción dentro de la industria, no solo en el modo de articulación industrial, sino también generó un impacto en la estructura laboral, social y en el modo de consumo de la sociedad.

La línea de ensamblaje o el modo de producción Taylorista estaba centrado básicamente en una división rígida del trabajo, en una estandarización de los bienes elaborados, impulsada por la

existencia de economías de escala en las economías desarrolladas, y la reducción de costos, elementos que a su vez se difundieron a las economías en desarrollo.

Esta revolución tecnológica comienza su fase de descenso durante la década de los sesenta e inicios de los setenta del siglo pasado, por lo que las tasas de ganancia de las empresas se habían reducido, la productividad había alcanzado sus límites y se había generado una acumulación de capital que buscaba valorizarse, por lo que la aparición de la revolución tecnológica de la informática se hizo conveniente, misma que ya había comenzado sus años de gestación en los años cuarenta y que al hacer irrupción como nuevo paradigma tecnoeconómico, comenzó el rejuvenecimiento de las viejas industrias que dominaron la cuarta revolución tecnológica, principalmente dirigida por la industria automotriz que empleaba como principal recurso los hidrocarburos, siendo el de mayor importancia el petróleo.

Durante el periodo que comprende la cuarta revolución tecnológica se desarrollo toda una industria encargada de la producción de bienes electrónicos, por ejemplo los electrodomésticos. Con la llegada de la revolución de la informática, el sector electrónico es uno de los sectores que aprovecha el desarrollo tecnológico de la nueva oleada de innovaciones, aprovechando la introducción de microprocesadores, provocando el rejuvenecimiento de un conjunto de bienes producidos por la industria de electrónicos, de este modo muchas de las innovaciones generadas por la industria informática son aplicadas para mejorar los productos y servicios, crear nuevos bienes y servicios y generar un cambio dentro de la estructura de las empresas y el modo de producción de las industrias, pues los mismos microprocesadores se comenzaron a introducir dentro de las líneas de ensamblaje para controlar maquinas, permitiendo así una mayor automatización, mecanización y flexibilización. Lo más importante, se logra impulsar la productividad de las industrias, que permitieron la recuperación las utilidades.

En el marco de quinta revolución existen tres tecnologías que se conforman para generar el nuevo paradigma tecnoeconómico que domina nuestros días³²: la microelectrónica, los ordenadores y las telecomunicaciones. Esta revolución tecnológica encuentra su base material en el SE-I a pesar de que este sector comienza a constituirse como complejo productivo hasta la década de los ochenta, marcado por la aparición de las computadoras personales y sus industrias agrupadas a su alrede-

³² Para tener un mayor marco de referencia en cuanto a como se van desarrollando los inventos e innovaciones de esta revolución tecnológica, así como su evolución se recomienda revisar El capítulo I de la era de la información, Vol. I La sociedad Red de Manuel Castell y el Capítulo IV de Paths of innovation de Mowery y Rosenberg

dor, como las industrias encargadas de la elaboración de Hardware y Software. La consolidación del SE-I como complejo productivo dominante se da hasta la década de los noventa con la convergencia de la computadoras y las telecomunicaciones, puesto que el uso de microprocesadores ya no está diseñado exclusivamente para el desarrollo de las computadoras, encontrando una infinidad de aplicaciones, como su introducción en productos electrónicos o su empleo en las maquinas que operan las líneas de ensamblaje en las industrias, por citar dos ejemplos, a su vez se va integrando “*el desarrollo del Internet, la interconexión de los diferentes sistemas electrónicos de procesamiento de información y de comunicación y el estrechamiento entre las relaciones entre los sistemas electrónicos-informáticos y científicos-educativos que inauguran la era de la economía y la sociedad del conocimiento.*”³³

Inscrito en el marco de los paradigmas tecnoeconómico, la revolución informática se ha establecido como el nuevo paradigma tecnoeconómico, ubicándolo actualmente en los últimos años del periodo de frenesí, “*cuyas ventajas se van a encontrar no sólo en una nueva gama de productos y sistemas, sino en su mayoría en la dinámica de la estructura del costo relativo de todos los posibles insumos (inputs) para la producción. En cada nuevo paradigma, un insumo particular o conjunto de insumos puede describirse como el factor clave de ese paradigma, caracterizado por la caída de los costos relativos y la disponibilidad universal. El cambio contemporáneo de paradigma puede contemplarse como el paso a una tecnología basada fundamentalmente en insumos baratos de energía a otra basada sobre todo en insumos baratos de información derivados de los avances de la microelectrónica y la tecnología de la comunicación.*”³⁴

Una de las características más importantes de la revolución informática, es que el conocimiento transformado en información se convierte en uno de sus principales insumos, a pesar de que el conocimiento y la información en las anteriores revoluciones tecnológicas desempeñan un papel importante, en esta revolución tecnológica adquiere un papel preponderante, se comienza a constituir lo que es conocido como la Economía del Conocimiento, marcando el inicio de una nueva fase dentro del capitalismo, en la que para muchos autores especializados en el tema señalan que se ha llegado a un capitalismo postindustrial, dando paso a un capitalismo informacional.

³³ Dabat, Alejandro, *El nuevo capitalismo basado en el conocimiento: el papel del sector electrónico-informático (SE-I)*, en Cambio Histórico Mundial, conocimiento y desarrollo, Coordinadores Miguel Ángel Rivera Ríos, Alejandro Dabat, UNAM, 2007

³⁴Freeman, Christopher “La teoría económica de la innovación industrial”

Con el desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) y la consolidación del SE-I, el conocimiento transformado en información adquiere una mayor importancia. La información se puede encontrar con mayor disponibilidad y es más flexible, a su vez el SE-I permiten mayor conexión en tiempo real entre las distintas regiones del mundo, un mayor flujo de información entre las empresas, lo cual permite una mayor flexibilidad en el sistema productivo facilitando la conformación de cadenas globales de valor, que aún siguen siendo dirigidas por las grandes empresas transnacionales.

El modo de producción comienza adquirir nuevas características, existiendo una transformación en el modo de producción³⁵, el cual estaba regido por una organización de tipo Fordista-Taylorista que para los años setentas ya era demasiado rígido y no podía asegurar la reproducción de las empresas, por lo que se hizo urgente un replanteamiento en el modo de producción y organización de las empresa, la respuesta fue el Toyotismo, basado en una mayor flexibilidad en el modo de organización y producción de las empresas, la aplicación de procesadores, la introducción de equipo de control numérico, la reestructuración de la base técnica para la manufactura, conformación de nuevos cuadros científicos y técnicos para el desarrollo y aprovechamiento de la tecnología de la informática, la producción “justo a tiempo”, la existencia de una mayor colaboración entre la dirección y el trabajo. La mano obra comienza a sufrir una transformación, debido a que en esta nueva forma producción es importante que la mano de obra sea multifuncional, comienza a surgir el concepto de trabajadores polivalentes, dejando atrás la vieja estructura del Fordismo en la que los trabajadores debían de estar especializados en una sola área de la producción. El surgimiento de un trabajador polivalente, implica que el trabajador debe de desarrollar diferentes actividades, así como la capacidad de trabajar en equipo e interactuar con los diferentes trabajadores que componen a la empresa, éste modo de organización busca obtener un mayor flujo de conocimiento e información que favorezca la productividad de las empresas, circunstancias que desde luego en el modo de producción fordista eran impensables. Al mismo tiempo, de comienza a dar un eslabonamiento al interior de las industrias y entre ellas comienzan a ser más flexibles, lo que significó un replanteamiento en el modo en que se agrupan las distintas empresas que conforman una industria dentro del sistema económico, así como su articulación con las otras industrias.

³⁵ Existe un debate en cuanto a si el modo de producción Toyotista es una nueva manera de organizar la industria o sólo es una continuación del Fordismo, ya que sigue funcionando sobre la lógica de la línea de ensamblaje, la diferencia es que adquiere una mayor flexibilización en todos los niveles de la producción.

Durante este periodo podemos observar una mayor conformación y desarrollo de Clusters, de tecnopolos industriales, cadenas de valor y cadenas globales de valor, de esta forma, se rompe con el viejo paradigma, en el que una empresa se encargaba de la mayoría del proceso productivo, puesto que actualmente se han venido desarrollando empresas dedicadas específicamente a una parte de la producción para la elaboración de un bien o servicio. Surge una nueva división global del trabajo que ya estaba precedida de la división internacional del trabajo, esta última fue la que caracterizo al siglo XX, y que estuvo sustentada principalmente por la teoría ortodoxa de las ventajas comparativas, la cual basa su supuesto en el uso de los factores productivos, su distribución y la relación que tiene con cada una de las economías, en el sentido, de que una economía debía de especializarse en aquellos sectores en los que tuviera mayores ventajas para su producción, determinado por la cantidad de factores empleados en la producción y su menor costo en la producción, dependiendo del nivel de distribución de factores, se debía aprovechar aquel factor con el que más se contaba. En el caso de las economías Latinoamericanas y de México, se consideraban que eran regiones intensivas en mano de obra, por lo que su ventaja comparativa se encontraba en establecer industrias que fueran intensivas en mano de obra, lo que asumieron como guía para su industrialización, traduciéndose en el desarrollo de las industrias manufacturera. A pesar de que durante el periodo de posguerra, la mayoría de las economías de esta región adoptaron el modelo de sustitución de importaciones, fueron muy pocos los casos en los que se paso de producción de bienes de consumo a producción de bienes de capital, con el fin del periodo de sustitución de importaciones, las economías latinoamericanas se orientaron más hacia un modelo basado en las premisas de las ventajas comparativas , desarrollando una industria manufacturera.

Con el surgimiento de la quinta revolución tecnológica aparecen nuevas funciones de producción y curvas de costos, los factores de la producción se distribuyen de manera distinta, siendo las industrias de tecnología informática las más intensivas en capital, al mismo tiempo surge una conformación de un mercado mundial aun mayor, que se venía gestando desde los orígenes del capitalismo, pero que en nuestros días se ve favorecido por el desarrollo de las TIC's, esto permite a su vez la formación de cadenas globales de valor, que son un conjunto de industrias y empresas que se agrupan para la elaboración de un producto, existiendo empresas involucradas directamente con el diseño e investigación de productos, otras encargadas de proporcionar los materiales o materias primas necesarias para la elaboración del producto y otras encargadas de la manufactura.

1. “Las empresas de diseño, Original Design Manufacturing (OEM, como IBM, Intel, Dell, Toshiba, Siemens, etc) buscan generar propiedad intelectual apropiarse de rentas tecnológicas, para ello imponen estándares tecnológicos en sus ramas de actividades con base en su especialización en actividades de diseño, comercialización y distribución de marcas; en contrapartida, las operaciones de manufactura y ciertas actividades de diseño y servicios relacionados las transfieren a subcontratistas.
2. Las empresas subcontratistas, a su vez presentan tres formas principales:
 - a. la principal, los nuevos contratistas manufactureros (CM) como gran empresa transnacional encargada de la mayoría de las actividades propiamente manufactureras, de ciertas actividades de diseño e incluso tendencialmente de coordinación de la cadena de valor, las cuales proporcionan tecnología de punta y buscan disminución de costos de producción y de tiempo de rotación del capital (ciclo de producción), así como, eventualmente, canales de distribución global.
 - b. La forma particular de empresa contratista diseñadora (original design manufacturing o ODM) que se concentran en la subcontratación de actividades no esenciales de diseño y, a diferencia de las empresas OEM, no producen con marca propia.
 - c. Las nuevas empresas proveedoras de servicios de producción, en las que las empresas OEM, ODM y los contratistas manufactureros subcontratan servicios de asistencia técnica, administrativa y financiera, o de servicio al cliente”³⁶

La división internacional del trabajo o como lo propone Castell “la división global del trabajo”, se hace posible, gracias a la existencia de una tecnología que permite que los flujos de información se den casi de manera instantánea, otro elemento es la transferencia de ciertos eslabones de la producción o de la cadena global de valor hacia países en desarrollo que en búsqueda de alcanzar la industrialización han adoptado modelos de producción de maquila, guiados bajo el fundamento ortodoxo de las ventajas comparativas, en el que la mano de obra no necesita tener altos grados de calificación técnica, a su vez este proceso se ve favorecido por la existencia de menores salarios en comparación con los países desarrollados, lo que permite disminuir los costos de producción de las empresas transnacionales.

³⁶ Dabata, Alejandro. Ordoñez, Sergio. “Revolución informática, nuevo ciclo industrial e industria electrónica en México”, UNAM-IIEC, México, 2009, pp204

Actualmente se comienzan a conformar en los países en desarrollo algunos eslabones de la cadena global de valor que son más intensivos en capital, en los que se empleen mano de obra con cierto nivel de calificación técnica o científica, surgiendo los “trabajadores de cuello blanco” ejemplos de ello son los contadores, ingenieros especialistas, analistas financieros, diseñadores de chips, programadores de computación, empleados de call center, todos estos trabajadores empleados bajo un esquema de subcontratación internacional que tienen que ver con actividades en las que no es necesaria una interacción con el público, provocando una reconfiguración de la división internacional del trabajo, desplazando ciertas actividades productivas de EU, Europa Occidental y otros países desarrollados, hacia países en desarrollo como China, India, países de América Latina, a Rusia o Sudáfrica. Se observa una tendencia de creación de regiones en países en desarrollo que cuentan con sectores de la producción intensivos en capital que integran el desarrollo de la tecnologías de la informática en su producción, es decir, son regiones de países encargadas de una parte de la producción que emplean alta tecnología y que participan en la conformación de la cadena de valor a nivel global.³⁷

Por último, durante el desarrollo de la quinta revolución surge un mayor interés por parte de los gobiernos y de las empresas en proteger sus inventos y técnicas en la elaboración de algún bien, existiendo un mayor preocupación por parte de los actores económicos en la solicitud de patentes y derechos de propiedad intelectual³⁸, esto se debe en parte a que el flujo de información es tan grande que cada vez esta información puede convertirse en un bien público, lo cual se plantea como un problema para las empresas que han realizado fuertes inversiones en I&D, por tal motivo, lo que buscan es de algún modo obtener beneficios a través de estos mecanismos, buscando así obtener una renta tecnológica. Sobre la misma línea de proteger los derechos de las empresas o individuos, se encuentra el argumento, que al introducir un esquema de protección de propiedad intelectual y

³⁷ Dabata, Alejandro. Ordoñez, Sergio. “Revolución informática, nuevo ciclo industrial e industria electrónica en México”, UNAM-IIEC, México, 2009, pp.155-174. Es el capítulo nueve de este libro en el que se aborda el tema de configuración en el SE-I mundial.

³⁸ Suele definirse a la propiedad intelectual desde una perspectiva esencialmente jurídica, como sistemas que permite a un creador disponer de forma exclusiva del objeto creado, trátase de una invención, una marca o una obra. Bajo diversas premisas de extensión territorial y temporal. Más aún, en términos económicos, la recompensa que representa la exclusividad de explotación de la invención ha sido defendida desde hace varios siglos como el reconocimiento a la justa compensación por la inversión de talento y recursos del creador; y como una fórmula de preservación del estímulo para seguir creando.

patentes³⁹, se crea un incentivo económico en los agentes económicos para desarrollar de innovaciones que finalmente benefician a la economía y a la sociedad.

La trayectoria tecnológica de la biotecnología

Desde su aparición en la década de los setenta, la biotecnología permaneció como una tecnología latente, la trayectoria tecnológica que siguió en esos años quedo destinada a los cuartos de laboratorios de las universidad y de las instituciones de investigación, principalmente de de Estados Unidos, conformando así todo una constelación de inventos que continuarían el fortalecimiento del paradigma de la biotecnología.

Durante los primeros años de gestación de la la biotecnología existieron enormes pérdidas de inversión de capital de riesgo, incertidumbre, desequilibrios y un mecanismo de ensayo y error. *“En este proceso, tal como había ocurrido ya con el ferrocarril y, después, con la industria automotriz, es posible percibir algo que se ha repetido a lo largo de la historia del capitalismo, a saber, que en los albores de todo nuevo paradigma, la combinación de incertidumbre, delimitación imperfecta de los derechos de propiedad y búsqueda de nuevos negocios pone en marcha una burbuja especulativa que termina a la larga en un proceso de adquisiciones y fusiones, en el cual las empresas más grandes se apropian de las pequeñas y medianas de alto contenido innovador, constituyéndose así, finalmente, un nuevo régimen tecnológico y competitivo sectorial dominado por las compañías tradicionales.”*⁴⁰

³⁹ Las diferentes forma de protección, su tiempo de duración, los requisitos necesarios y obligaciones necesarios son los siguientes: 1) Patente de Invención, su forma de protección es una patente con duración de 20 años, sus requisitos consiste en ser una novedad, contar con un nivel inventivo y una aplicación industrial, sus obligaciones son explotación, explotación y registro de licencia; 2) Modelo de utilidad, su forma de protección es un registro con duración de 10 años, sus requisitos consisten en ser un a novedad y tener una aplicación industrial, sus obligaciones la explotación, comercialización y el registro de licencia; 3) Diseños industriales sus forma de protección es el registros con duración de 15 años, sus requisitos consisten en ser una aplicación industrial y una novedad, las obligaciones es el pago de tasas; 4) Secretos industriales su forma de protección es el contrato de confidencialidad con una duración indeterminada, su requisito es tener un valor comercial de la información, medidas razonables para mantener el secreto no conocido ni fácilmente accesible, con la obligación de una administración eficiente; y 5) Marcas su forma de protección es el registro con una duración que depende del uso y de pago de tasas, sus requisitos es que sea lo suficientemente distintivos, perceptibles y susceptibles de representación gráfica, sus obligaciones son el uso y el pago de tasas

⁴⁰ Katz, Jorge y Alicia Barcenar, Capítulo 1 El advenimiento de un nuevo paradigma tecnológico el caso de los productos transgénicos, en *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, junio 2004. pp 27

Podemos ubicar el origen de la biotecnología desde que el humano comenzó a domesticar las diferentes variedades de cultivos y plantas, permitiéndole seleccionar aquellos organismos que contaban con las características más apropiadas para su aprovechamiento. La selección de semillas y la obtención de semillas criollas (proceso en el que también intervenía la selección natural y el medio ambiente moldeando las características que han otorgado las singularidades de cada especie) es un ejemplo de la biotecnología tradicional o biotecnología convencional.⁴¹ En las últimas cuatro décadas el conocimiento de la biología ha tenido una serie de avances importantes en el campo de la microbiología y la biología molecular⁴².

El descubrimiento científico de la estructura básica de la vida, la doble hélice del ADN, efectuado por Francis Crick y James Watson de la Universidad de Cambridge en 1953 marcó un hito dentro del mundo de la biología e impulsó el desarrollo de la genómica, trayendo con el paso del tiempo una serie de avances y descubrimientos científicos que ayudarían a nutrir la ciencia de la vida y que pasarían a conformar la base para el desarrollo de la biotecnología moderna apoyada por las disciplinas de la genética, la ingeniería genética, la ciencia genómica, la ingeniería de proteínas, la microbiología, la ecología, la ingeniería bioquímica, ciencias que han contribuido a construir este nuevo paradigma del funcionamiento de la célula viva, y de cómo a partir de la utilización de este conocimiento del funcionamiento de la célula y sus componentes, surge la posibilidad de la modificación dirigida de la célula viva, mediante las técnicas de la ingeniería genética y celular, y con ello el nacimiento de la biotecnología moderna.⁴³

Una de las aportación más importante de la biotecnología moderna, se da en 1973, con las técnica de ingeniería genética o metodología del ADN recombinado⁴⁴, desarrollada por Stanley Choen de la

⁴¹ Los procesos de fermentación del vino o la producción de yogur, también son ejemplos de la aplicación de la biotecnología convencional.

⁴² Con la aparición de la biología molecular, en los años cincuenta, se descifra la estructura del material genético, así como los mecanismos celulares que permiten traducir en proteínas la información genética.

⁴³ Bolivar, Zapa Francisco G. Compilador y editor. "Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna", D.D. El Colegio Nacional, Coedición Academia Mexicana de Ciencias; UNAM, Instituto de Biotecnología; CONACyT; CI-BIOGEM. Pp14

⁴⁴ Una de las innovaciones más importantes en el campo de la biología molecular es el desarrollo de la ingeniería genética empleando como principal herramienta la metodología del ADN recombinado, permitiendo transferir un gen o conjunto de genes de un organismos hacia otro, para obtener ciertas características, incluso esta transferencia de genes se puede dar sin que las especies estén emparentadas. La técnica del ADN recombinado aparece como una poderosa herramienta para el desarrollo de la biotecnología moderna, permitiendo crear en laboratorios Organismos Genéticamente Modificados (OGM) que de forma natural no podrían existir.

Universidad de Stanford y Herbert Boyer⁴⁵ de la Universidad de California en San Francisco mediante la cual es posible aislar, manipular, clonar y también construir organismos transgénicos en el laboratorio, a partir de ello, se han venido generando una serie de avances en el campo de la ciencia de la vida a nivel técnico, así como el desarrollo de nuevos campos de estudios.

Cuadro 2.1 Técnicas e inventos de la biotecnología

Técnicas e inventos	Año	Descripción
Reacción en cadena de Polimerasa (Polimerasa Chain Reaccion –PCR-)	Mediados de los 80	Avance en el desarrollo de la biología molecular que permite en unas pocas horas generar millones de copias idénticas de un fragmento de ADN, con ello el surgimiento de la ciencia genómica
Manejo y clonación del ADN de un organismo		
Ingeniería Genética	1973	Metodología mediante la cual es posible “la edición a nivel molecular” de este material, podríamos decirlo, como analogía de las cintas de videocasete, que el material genético de todos los seres vivos tiene el mismo “formato” y que por ello se puede “editar molecularmente” en un tubo de ensayo ADN’s de diferentes orígenes.
Experimento donde por primera vez usando en Vitro (tubo de ensayo en laboratorio) se insertó ADN de una rana en el ADN de la Bacteria Escherichia Coli.		Se construye el primer organismo transgénico y da inicio a la era del manejo in Vitro de la información genética o la edición molecular del material genético mediante la metodología llamada ingeniería genética o de ADN recombinante
Herramientas celulares:		

⁴⁵ Herebert Boyer se convertirían en cofundador de la primer empresas de biotecnología industrial Genentech.

<p>Enzimología de ácidos nucleicos:</p> <p>Principales enzimas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las nucleasas • Las fosfatasas, las cinasas y las ligasas de DNA • Las polimerasas del DNA <p>Métodos alternativos para generar fragmentos de DNA:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Síntesis química de ADN • Reacción en cadena de Polimerasa o PGR • El vehículo molecular; herramienta fundamental para la clonación molecular y expresión de ADN 	Principios de los 80	<p>Ha permitido conocer cómo participa un gran número de proteínas en el interior de la célula, las cuales tienen diferentes actividades enzimáticas y funcionales.</p> <p>Muchas de estas herramientas celulares han sido purificadas y hoy son utilizadas para manejar o modificar in Vitro. Las enzimas que tienen como sustrato los ácidos nucleicos son las herramientas fundamentales de la ingeniería genética, ya que a través de su uso es posible modificar y editar a nivel molecular el DNA de cualquier organismo.</p>
Las técnicas de secuenciación de ADN	1980	Permite determinar la secuenciación nucleotídica de todo el material genético de un organismo, y con ello, surge la ciencia genómica
Bioinformática	Finales de los 70 e inicios de los 80	Apoyada de la ciencia genómica que permite obtener la secuencia nucleotídica de los genomas de los organismos vivos y de los virus. Hoy en día existen ya miles de secuencias de genomas completos (la mayor parte virales) las cuales han sido depositadas en bancos de información en Internet. Un ejemplo de banco de información genética es Genbank
Secuenciación del Genoma Humano	2001	Inicio de la ciencia proteómica: la cual busca conocer la función y la interrelación de todas las proteínas de un organismo
Metodología Postgenómica o genómica funcional		<p>Metodologías que permitan el análisis sistemático y la explotación de la información generada por los proyectos genómicos.</p> <p>Por ejemplo, permite analizar la expresión de los genes (transcriptoma) en un organismo, tejido o célula dada, bajo diferentes condiciones, o caracterizar la presencia de proteínas, sus asociaciones y/o las modificaciones postraduccionales (proteoma) en células normales o enfermas o sujetas a diversos estímulos</p>
Desarrollo de la ingeniería de proteínas	Inicios del siglo XXI	Tiene como fin la modificación dirigida de la estructura y por tanto de la función biológica de estas macromoléculas informacionales

Técnicas de evolución dirigida	Inicios del siglo XXI	Permiten el diseño y la selección de nuevas propiedades enzimáticas en las proteínas
--------------------------------	-----------------------	--

Elaboración propia

Los avances dentro de la biología moderna continuaron, a mediados de los años ochenta del siglo pasado el desarrollo y la automatización de otras técnicas poderosas de la biología molecular, permitieron un mayor conocimiento sobre el material genético almacenado en los seres vivos, abriendo la posibilidad de solucionar problemas específicos. Uno de estos importantes avances fue la reacción en cadena de la polimerasa (polimerasa chain reaction PCR), que permite en unas pocas horas generar copias idénticas de un fragmento de ADN, constituyendo una herramienta poderosa para el diagnóstico genético. Aparecen las técnicas de secuenciación de ADN, permitiendo secuenciar el material genético de diversos organismos vivos⁴⁶, actualmente se puede obtener la secuenciación genética de organismos complejos como es el caso de los eucariontes; en el 2001 se anunció la secuenciación del genoma humano. Hoy en día se cuenta con miles de genomas secuenciados de organismos vivos, información que se encuentra almacenada en los bancos de información genética, tanto privados como públicos, esta información puede ser consultada por las empresas y el público, aunque pueden existir ciertas limitaciones, pues algunas secuencias de ADN de organismos vivos cuentan con derechos de propiedad, lo que significa, que si se desea emplear esta información para desarrollar alguna aplicación, bien o servicio, será necesario hacer un pago y obtener la autorización al agente económico correspondiente.

Las técnicas de secuenciación han permitido a la biología moderna obtener un mayor conocimiento de las células y de los organismos vivos, han ayudado a entender de qué manera los genes codifican las proteínas de los organismos vivo, haciendo posible conocer el protoma de un organismo⁴⁷, con ello surge la protómica que permite conocer el funcionamiento e interrelación de las proteínas dentro de un organismo. Todos estos avances posibilitan el surgimiento de la genómica, la cual ya no solo analiza un gen aislado, sino realiza el análisis del conjunto de genes de un organismo vivo. Para la ciencia de la vida estos avances científicos y técnicos solo son una etapa y aún queda muchas áreas por investigar dentro de este nuevo paradigma biotecnológico, lo que permitirá

⁴⁶ Los primeros organismos cuyo material genético fue completamente secuenciado a fines del siglo pasado, fueron bacterias que tienen sólo entre 3000 y 4000 genes como parte de su genoma.

⁴⁷Las secuencias de aminoácidos de todas sus proteínas.

generar nuevas técnicas e inventos, que puedan ser aplicados en actividades de interés social y comercial

El surgimiento de la biotecnología comienza a ser pieza clave dentro de la conformación de nuevas cadenas de valor y de las ya existentes a nivel global, incluso llegando a afirmar que si los siglos XIX y XX fueron los siglos de la química, el siglo XXI se presenta como el siglo de la biología moderna y al parecer dentro de un mediano plazo casi no habrá ningún producto que no haya sido tocado por la biotecnología.

El último cuarto del siglo XX y la primer década del siglo XXI comprende la fase de irrupción y frenesí de la revolución informática. Fases en las cuales la trayectoria de la biotecnología ha generado el surgimiento de nuevas industrias y un rejuvenecimiento de ciertas industrias apoyadas en los procesos de la biotecnología, a pesar de ello, la informática continúa siendo el paradigma dominante. Podemos decir que la biotecnología aún sigue un proceso de gestación, nutriéndose cada vez más de la informática y de la nanotecnología, convirtiéndose a su vez en tecnologías convergentes. Hasta ahora la trayectoria que ha seguido la biotecnología es la de una conformación de una constelación de inventos, de centros de investigación y desarrollo, el surgimiento de conocimiento de frontera, la formación de nuevos cuadros científicos y técnicos especializados en el empleo de biotecnología, la aparición de empresas biotecnológicas en sus diferentes sectores y áreas de aplicación, la fusión entre empresas biotecnológicas y no biotecnológicas, la captación de capital financiero, específicamente Venture Capital, la búsqueda por obtención de patentes y derechos de propiedad privada con la finalidad de obtener una renta tecnológica y poder acceder a las ganancias extraordinarias, la conformación de clusters biotecnológicos y tecnopolos o corredores tecnológicos apoyados en la ciencia de la vida, la construcción y desarrollo de una aún incipiente infraestructura apoyada por la ya existente de la informática, en contradicción con la destrucción de la “infraestructura ambiental” de los diversos ecosistemas donde se encuentra ubicada la mayoría de la biodiversidad genética, los beneficios o costos ambientales, el debate de su uso como tecnología apropiada para incrementar la productividad agropecuaria y poder hacer frente a la demanda de alimentos mundial, la introducción de campos de prueba, de cultivos aprobados de Organismos Genéticamente Modificados (OGM,) así como su comercialización presentando ciertas restricciones principalmente en Europa, la producción de medicamentos obtenidos a partir del empleo de las técnicas de ingeniería genética, el surgimiento nuevos servicios médicos como el diagnóstico genético o la terapia génica, en la industria la aplicación de algunas técnicas e inventos, como el empleo de enci-

mas obtenidas a partir de la biotecnología, así como la introducción al mercado de productos elaborados por las empresas de base biotecnológica o que emplean insumos que provienen de la biotecnología, la aplicación de pruebas para los nuevos medicamentos y vacunas y su probable aprobación, la realización de estudios científicos para determinar los impactos a nivel salud humana y ambiental, la conformación de nuevas instituciones, la generación de marcos regulatorios apropiados y la forma en que la sociedad esta asimilando la introducción de esta nueva tecnología dentro de la vida cotidiana de la sociedad humana, con sus opiniones a favor y en contra, donde se ve involucrada la ética, la religión y la moral, son la situación actual de la trayectoria tecnológica de la la biotecnología.

La trayectoria que ha seguido el desarrollo de la biotecnología comienza a despertar expectativas en cuanto al surgimiento de la próxima revolución tecnológica, a pesar de que esta tecnología ya lleva mas de 40 años de gestación, actualmente la biotecnología surge como el próximo paradigma tecnoeconómico. Todas las ventajas que puede proporcionar la biotecnología a la economía y sus diferentes sectores aún no se han desplegado por completo, tampoco hemos observado el declive o la desaparición de ciertos ramos industriales, puesto que el sistema económico sigue dominado por el paradigma Eléctrico-Informático, será hasta que este paradigma entre en su fase de maduración, cuando la biotecnología comenzará a tomar su lugar, a pesar de que actualmente podemos observar la aplicación de algunas ramas de la ciencia de la vida a nivel industrial, éstas aún no cuenta con la capacidad de dominar a la economía y a la sociedad.

Un ejemplo de lo que podría representar en un futuro la sustitución de una industria, sería que las empresas encargadas de elabora enzimas a partir de las técnicas de ingeniería genética sustituyeran a las enzimas elaboradas con bases químicas. A pesar de que las encimas obtenidas a partir de proceso biológicos ya son elaboradas y empleadas a nivel industrial, éstas continúan teniendo un precio muy elevado, por lo que su aplicación resulta poco viable, debido a que incrementaría los costos de producción. Otro beneficio que un futuro se puede obtener al emplear este tipo de encimas basadas en la ciencia de la vida, es la reducción de desechos tóxicos, lo que podría generar un menor contaminación y degradación del medio ambiente.

El desarrollo de la biotecnología moderna ha seguido un ritmo lento en cuanto a su introducción en la economía y en la sociedad, debido a que se han interpuesto una serie de moratorias debido a que en muchas ocasiones no se cuenta con los conocimientos y estudios científicos neces-

rios para identificar el grado de riesgo en términos ambientales, ecológicos y de salud humana⁴⁸. Por ejemplo, a inicios de los años setenta, en 1974 se publicó una carta abierta por 11 de los científicos destacados en el campo de la biotecnología molecular, para que sus colegas aceptaran una moratoria voluntariamente en la realización de experimentos de ADN recombinado arriesgados, esto debido a que no se conocían cuáles podían ser los efectos en caso de que los organismos OGM fueran liberados por error en el medio ambiente. En 1975, 140 biólogos de diecisiete países se reunieron para analizar los riesgos de ambientales y sanitarios de la experimentación de ADN, el resultado final de la reunión fue levantar la moratoria, aprobando un programa de seguridad que consistía en dos puntos: el establecimiento de amplias categorías generales de experimentación que suponían diferentes grados de riesgo y dictaron el tipo de precauciones a tomar en el laboratorio.⁴⁹ Posteriormente se comenzó una etapa en la que poco a poco la aplicación de la biotecnología fuera de los laboratorios comenzó a ganar terreno, incentivado por las ganancias económicas que podría generar.

En 1971 el microbiólogo Ananda Chakrabarty empleado de General Electric Company solicitó a la oficina de Marcas y Patentes de EU (PTO) la patente de un microorganismo modificado mediante ingeniería genética capaz de desintegrar partículas de petróleo que pueden contaminar el agua, este fue el primer caso que se presentó en la India y en el mundo⁵⁰, en el que se intentaba patentar un organismo vivo, a pesar de que la oficina de patentes de Estados Unidos al inicio había

⁴⁸ La Organización Mundial de la Salud (OMS) define los problemas de la siguiente manera: a) Alergenicidad. Por principio, se desalienta la transferencia de genes de alimentos comúnmente alérgicos, a menos que pueda demostrarse que el producto proteínico del gene no es alérgico. Si bien los alimentos elaborados de modo tradicional no se evalúan por lo general en cuanto a su alergenidad, los protocolos para pruebas de alimentos genéticamente modificados han sido evaluados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la OMS. No se han hallado efectos alérgicos en relación con los alimentos genéticamente modificados que se encuentran en el mercado. b) La transferencia genética de alimentos genéticamente modificados a células del organismo o bacterias del tracto gastrointestinal causaría preocupación si el material genético transferido dañara la salud. Esto sería particularmente relevante si fueran a transferirse genes de resistencia de antibióticos usado para crear organismos genéticamente modificados. Si bien la posibilidad de transferencia es baja, un panel de expertos de la FAO y la OMS ha incentivado el uso de tecnologías sin genes de resistencia antibiótica. c) El denominado en inglés outcrossing o desplazamiento de genes de vegetales genéticamente modificados a cultivos convencionales o especies silvestres relacionadas, así como la combinación de cultivos provenientes de semillas convencionales con los genéticamente modificados, puede tener un efecto indirecto en la inocuidad y la seguridad de los alimentos. Este riesgo es real como se demostró cuando aparecieron rastros de un tipo de maíz aprobado solo para alimentación de animales en productos de maíz para alimentación para humanos en Estados Unidos. Muchos países han adaptado estrategias para reducir la combinación, incluyendo una clara separación de los campos para cultivos genéticamente modificados y los convencionales. Véase Organización Mundial de la Salud, 20 preguntas sobre alimentos genéticamente modificados, en www.oms.or, octubre de 2008

⁴⁹ Rifkin, Jeremy "El siglo de la biotecnología", Editorial Crítica, Barcelona, 1998, pp 12-13

⁵⁰ Ibid.

negado la patente, ésta fue concedida posteriormente, aunque se especificó que ningún tipo de vida o ser vivo podía ser patentado. En 1987 el Gobierno de Estados Unidos, hizo modificaciones en sus leyes, promulgando que todos los organismos vivos pluricelulares, incluidos los animales transformados mediante ingeniería genética era susceptibles a ser patentados.⁵¹

Actualmente se pueden otorgar patentes y derechos de propiedad intelectual, sobre el desarrollo o modificaciones a nivel genético de los organismos, es decir, de forma explícita no se observa que se patente al ser vivo, sino las características que este adquieren después de haber sido modificado mediante una serie de técnicas, principalmente de ingeniería genética. Por otro lado, también se otorgan derechos de propiedad intelectual a los científicos, laboratorios u empresas que desarrollen técnicas específicas para el diseño o producción de OGM, para la secuenciación de cadenas de ADN o por la aplicación de enzimas en algún proceso biológico.

Este tipo de patentes o de derechos de propiedad intelectual, representan un serio debate dentro de la sociedad y en cuanto a la definición de inventos patentables, ya que según las normas de la Organización Mundial de Patentes, ningún descubrimiento puede ser patentado, el argumento en contra de las patentes de los OGM, es que el desarrollo de la biotecnología es catalogado por los críticos, como descubrimientos de la ciencia de la vida (identificados, sistematizados y modificados) y no como inventos desarrollados por la ingeniería genética.⁵²

La integración de la biotecnología entre los sectores productivos ha sido complicada, impidiendo que ésta se pueda convertir en una tecnología genérica dentro de los ramos industriales en un corto plazo. Establecer una sinergia entre las industrias con base biotecnológica ha sido uno de los obstáculos para su surgimiento como paradigma tecnoeconómico, en las últimas décadas del siglo XX, esta integración no fue posible y al contrario de lo que se podría esperar, en lugar de que la integración fuera avanzado aunque fuera de manera muy lenta, el nivel de integración disminuyó. Empresas importantes como Monsanto, Novartis y Zeneca, intentaron integrar el uso de la biotecnología en diferentes sectores, como sería el caso de la producción de semillas genéticamente modificadas y el empleo de alimentos que contaran con características específicas, como la disminución del empleo de fertilizantes o el uso específico de sólo algunos fertilizantes o el caso de los alimentos que contenían modificaciones que permitían ofrecer una mayor cantidad de vitaminas contenidas en

⁵¹ 1988 se desarrolla el “oncorraton” inventado por el biólogo de Harvard Philip Leder. La licencia de explotación fue concedida a Du Pont, este ratón se vende como modelo de investigación utilizado en el estudio de cáncer

⁵² Ibid. Pp 56-57

algunos cultivos específicos; intentando integrar el sector de la industria química con el de la agricultura o el de la agricultura con el sector salud. Los principales problemas con los que se encontraron para lograr una sinergia entre los diferentes sectores es que el mercado, las industriales y sociedad asimilan de diferente manera el uso de la biotecnología en los distintos sectores.

A pesar de que en los primeros años de gestación, los avances de la biotecnología se limitaban a tener aplicaciones específicamente en un área o sector, a inicios del siglo XXI, el conocimiento de frontera se ha incrementado, posibilitando que inventos y técnicas biotecnológicas no queden limitadas en su empleo a solo un sector, lo que permitirá que esta tecnología pueda convertirse en una tecnología genérica aplicable en diferentes sectores industriales.

Dentro del desarrollo de la biotecnología en los países desarrollados el Estado no solo se ha limitado los aspectos institucionales y de regulación en los distintos niveles, sino también han intervenido en un marco regulatorio para el mercado que se abre con el uso de biotecnología, pero, uno de los aspectos más importantes es la inversión pública y los mecanismos financieros apropiados para fomentar la I&D de la biotecnología, el surgimiento de pequeñas y medianas empresas biotecnológicas y creación de infraestructura, al mismo tiempo del desarrollo de políticas económicas de fomento industrial que permitan generar encadenamientos productivos, y la conformación de cadenas de valor, esto en colaboración de las Universidades y el sector privado, que permitan generar un ambiente de innovación, derivando en un Sistema Nacional de Innovación.

Debemos entender que el nuevo paradigma no puede ser aplicado de manera generalizada y del mismo modo en que ha sido empleado ya en países en desarrollo, puesto que cada región cuenta con una especificidad y una configuración diferente a nivel socioeconómico, a nivel de diversidad biológica y a nivel de conocimientos étnicos-culturales, por citar un breve ejemplo podemos encontrar el caso de los bosques y el salmón en Chile, donde se pueden tomar las experiencias Suecas a nivel técnico-científico de aplicación, pero eso no es suficiente, es necesario analizar su propio contexto para conocer la viabilidad de su aplicación, dentro de estos aspectos uno de gran importancia es el impacto ambiental, ya que de no emplearse de manera adecuada, la aplicación de biotecnología podría provocar graves problemas medioambientales que se reflejarían en un costo ambiental a veces poco valorado pero que un futuro puede generar problemas económicos. Otro ejemplo, es el de México y el caso del maíz, debido a que México es centro de origen de maíz, debido a ello no se puede implementar el modelo norteamericano de cultivo de maíz transgénico de la misma manera

en México, ya que se corre el riesgo de que exista flujo génico lo cual desembocaría en contaminación genética de semillas criollas y la pérdida de muchas de ellas.

La aplicación de biotecnología ha surgido como una posible aplicación tecnológica para enfrentar los problemas ambientales. La “crisis ambiental”, que cada vez es más notoria y que pone en riesgo el esquema de reproducción de la civilización humana, pone sobre la mesa, la reflexión de cuales pueden ser las alternativas para reducir los efectos negativos causados por el hombre sobre los diversos ecosistemas del planeta. Lo que podríamos llamar como externalidades negativas en economía y que puede ser calculado como un costo el cual debe de ser pagado por una empresa, industria o países al dañar el medio ambiente, no permite ver el verdadero impacto, pues la pérdida de ecosistemas, de biodiversidad, de recursos no renovables, no puede ser solucionado con la transferencia de pagos, pues en un mediano y largo plazo el efecto negativo en la economía es aún mayor, provocando pérdidas de productividad, una disminución en la calidad de vida de la población, un mayor gasto para el sector público, en termino de biorremediación y de impacto a la salud humana.

El debate actual se centra en la aplicación de tecnologías alternativas, que favorezcan el desarrollo de los ecosistemas, su reproducción y el surgimiento de una economía sustentable en términos ambientales, al parecer la biotecnología puede ser una opción, por tal razón organismos internacionales como la FAO, ONU, OMS, BM, OMC y la OCDE apelan a favor del surgimiento de una Bioeconomía, a pesar de ello surgen demasiadas dudas al respecto, existiendo opiniones divididas debido a que no se conocen realmente cual podría ser el verdadero impacto de la biotecnología a nivel ambiental, los estudios elaborados no son suficientes para poder hacer una afirmación de que realmente la biotecnología puede ser la innovación más segura y viable e incluso se piense, que la sociedad podría correr riesgos muy graves al pasar a un nivel de contaminación biológica, la cual tendría impactos negativos elevados en términos ambientales, económicos y de salud pública.

Convergencia tecnológica entre la biotecnología y la informática.

La convergencia de la informática y la biotecnología es de gran importancia, debido a que sin el desarrollo de la informática las posibilidades de desarrollar la biotecnología moderna podría darse a un ritmo muy lento, ya que son necesarias las aplicaciones y las herramientas informáticas para el desarrollar con mayor rapidez la tecnología basada en la biología molecular. Cabe aclarar, que aun

así la biotecnología ya venía siguiendo un desarrollo empleando sus propias técnicas y herramientas, pero con el surgimiento de la informática el desarrollo de la biotecnología, principalmente la biotecnología moderna puede tener un desarrollo más acelerado. A pesar de que la biotecnología y la informática se desarrollan casi tiempos simultáneos, es hasta hace pocos años que la ciencia de la vida a apoyarse de la tecnología de la informática.

“La convergencia tecnológica se extiende cada vez más hacia una interdependencia creciente de las revoluciones de la biología y la microelectrónica, desde una perspectiva material como metodológica. Así, los decisivos avances en la investigación biológica, como la identificación de los genes humanos o de segmentos de ADN humano, solo pueden seguir adelante debido al poder ingente de los ordenadores. Por otra parte el uso de materiales biológicos en la microelectrónica, aunque aún muy lejos de una aplicación generalizada, ya estaba en un estadio de experimentación en 1995.”⁵³

Actualmente empresas dedicadas al SE-I emplean parte de su inversión en I&D al campo de la biotecnología particularmente a las áreas de Bioinformática: creación de bancos de información, y el desarrollo de software y hardware especializado que permitan la secuenciación del ADN, herramientas mejor conocidas como “Biotools”.

Cuadro 2.2

Principales actores de software, hardware, procesamiento, almacenamiento y análisis de datos de ADN	
Empresa	País
Hewlett-Packard	EUA
IBM (IBM Global Technology, service)	EUA
Microsoft	EUA
Fujitsu Limited	Japón
Apple	EUA
Oracle	EUA
Google	EUA

⁵³ Castells, Manuel. “La era de la información: economía sociedad y cultura.” Volumen I La sociedad red, Siglo XXI, 2008

GE Helathcare	EUA
Sun Microsystems	EUA
Infosys Rechnoloies	India

Fuente: Grupo ETC, basado en información de las empresas,

Grupo ETC, comunicado No.100, 2008

Empresas como Hewlett-Packard, IBM y Microsoft⁵⁴ se encuentran interesadas en el desarrollo de estos inventos que ayuden a fortalecer el desarrollo del nuevo paradigma tecnológico, estas mismas empresas también se encuentran involucradas en los proyectos genómicos y de bioprospección. En la tabla superior podemos observar las principales empresas del sector informático dedicadas al procesamiento, almacenamiento y análisis de datos de ADN, la mayoría de estas empresas son Estadounidenses.

La bioinformática es una áreas que se ha desarrollado en los últimos años y seguirá este rumbo, debido al gran flujo de información que surge a partir de los proyectos bioprospección y postgenómicos, toda esta información sólo puede ser organizada y empleada mediante la aplicación de la bioinformática.

Además de la convergencia tecnológica entre la biotecnología y la informática, también se encuentra en este espacio de tiempo la convergencia entre la ciencia de la vida y la nanotecnología. *“Las dos principales tecnologías que soportan el desarrollo de la Biotecnología son la informática y la nanotecnología. Actualmente, los avances en la tecnología de la informática y la bioinformática están siendo más importantes que el surgimiento de la ciencia de la nanotecnología, pero en unos años puede tener un impacto importante en el futuro de la biotecnología, particularmente en las aplicaciones médicas.”*⁵⁵

Los ordenadores son empleados cada vez en mayor medida para administrara, almacenar y descifrar la información genética que es una de los principales insumos de la de la biotecnología. De esta forma se conforma un sector dedicado específicamente a la bioinformática, que se encarga de organizar y sistematizar todo el conocimiento respecto a la biodiversidad existente en el planeta, con lo que se están generando bancos de datos biológicos, información que es administrada y alma-

⁵⁴ Microsoft creo la alianza BIO-IT, en las que une las industrias farmacéuticas, biotecnológica, de hardware y de software para explorar nuevas formas de compartir datos biomédicos complejos y colaborar entre equipos multidiciplinarios para acelerar el ritmo de descubrimientos en la ciencia de la vida. www.bioitaliance.org

⁵⁵ The Bieconomy to 2030: designing and policy agenda, The International Future Programs (IFP) of the OECD, OECD publishing, OECD2009.

cenada por supercomputadoras, convirtiéndose en un apoyo muy importante y necesario para el desarrollo de la investigación en el campo de la biotecnología moderna.

También se desarrollan computadoras especiales que permiten realizar secuenciación de ADN, permitiendo que este proceso sea más rápido. Un ejemplo de Biotools es el QIAxcel Advances System, desarrollado y producido por la empresa Qiagen, este instrumento permite analizar muestras de fragmento de ADN y analizar el ARN⁵⁶.

Estos nuevos equipos y herramientas de laboratorio permiten a su vez replicar cadenas de ADN e incluso modificarlas de acuerdo a las necesidades requeridas por las diferentes industrias para las que serán empleadas. Las nuevas técnicas de síntesis apoyadas por las computadoras han permitido su automatización. En la siguiente tabla podemos observar las principales compañías dedicadas a la síntesis comercial de genes.

Cuadro 2.3

Principales compañías en la síntesis comercial de genes	
Compañía	País
GeneArt	Alemania
Blue Heron Biotech	EUA
DNA 2.0	EUA
GenScript	EUA
Integrated DNA Technologies	EUA
BIO S&T	Canadá
Epoch Biolabs	EUA
Bio Basic, Inc.	Canadá
BaseClear	Holanda

Fuente: Grupo ETC, basado en información de las empresas,

Grupo ETC, comunicado No.100, 2008

El desarrollo biotecnológico a inicios del siglo XXI

Ha inicios del siglo XXI el desarrollo de la biotecnología moderna comienza a tener un mayor aplicación en la sociedad y se hace presente en el mercado a través de bienes y servicios , ya existen

⁵⁶ Para más información de QIAxcel consultar la pagina <http://www.qiagen.com/products/default.aspx>. QIAGEN cuenta con una gran variedad de herramientas, productos y servicios biotecnológicos.

cultivos que emplean semillas transgénicas, nuevos materiales empleados en la industria, medicamentos que se han basado en el desarrollo de anticuerpos, empleando bacterias modificadas por la biotecnología y que actualmente se usan para desarrollar fármacos y vacunas para combatir enfermedades, se están realizando los primeros avances en el tratamiento y diagnóstico de enfermedades a partir de la información obtenida de los genes, el posible surgimiento de un mayor desarrollo de biofactorias o bioractores (animales capaces de generar ciertas proteínas o medicamentos para consumo humano) etc, nos hace pensar que mientras el siglo XIX y el XX son considerados como los siglos de la Física y de la Química, ha inicios del siglo XXI parece presentarse como el siglo de la biología, guiada por la ciencia de la vida que funciona con una nueva “matriz operativa”⁵⁷.

El aislamiento, identificación y recombinación de genes, permite obtener un amplio acervo de conocimiento e información genética que puede ser empleada como factores productivos, creando la posibilidad de crear una economía basada en los recursos genéticos. Muchos de los avances de

⁵⁷ Rifkin, Jeremy “El siglo de la biotecnología”, Editorial Crítica, Barcelona, 1998, pp 25-27, El autor considera siete elementos fundamentales que conforman esta nueva matriz operativa: “Primero: la capacidad de aislar, identificar y recombinar los genes hace que por primera vez podamos disponer del acervo genético como materia prima básica de la actividad económica futura. Gracias a las técnicas de ADN recombinante y otras biotécnicas pudieron los científicos y las empresas biotecnológicas aplicar a fines económicos concretos recursos genéticos, manipularlos y explotarlos; Segundo: la concesión de patentes sobre genes, líneas celulares, tejidos, órganos y organismos sometidos a la ingeniería genética y los procesos que se emplean para alterarlos da a los mercados el incentivo comercial para explotar los nuevos recursos; Tercero: la mundialización del comercio y los negocios hacen posible una nueva y completa siembra de la biosfera terrestre con un segundo Génesis concebido en el laboratorio, una naturaleza bioindustrial producida artificialmente y destinada a remplazar la pauta evolutiva de la naturaleza. Una industria mundial de la ciencia de la vida está empezando ya a ejercer un poder sin precedentes sobre los vastos recursos biológicos del planeta. A la sombra de las gigantescas empresas de la vida se están fusionando los diversos campos de las biociencias, de la agricultura a la medicina, en el naciente mercado de la biotécnica. Cuarto: el mapa de aproximadamente 100000 genes que comprenden el genoma humano, los nuevos avances en el cifrado genético, como los chips de ADN, la terapia genética somática y la inminente ingeniería genética de los óvulos, los espermias y las células embrionarias humanas preparan el camino para la alteración completa de la especie humana y el nacimiento de una civilización eugenésica, impulsada por la economía; Quinto: una remesa de nuevos estudios científicos sobre la base genética de la conducta humana y la nueva sociobiología, que antepone la naturaleza de la crianza, le ofrece un contexto cultural a la aceptación general de la nueva biotecnología; Sexto: el ordenador proporciona el medio de comunicación y organización que permite gestionar la información genética en que se basa la economía biotécnica. Los investigadores de todo el mundo usan ordenadores para descifrar, extraer, catalogar y organizar información genética, y crean así nuevo fondo de capital genético para su uso en la bioindustria. Las técnicas de la computación y las genéticas se funden en una nueva, poderosa realidad tecnológica; Séptimo: una nueva concepción cosmológica de la evolución está sitiando ya la ciudadela neodarwiniana con una visión de la naturaleza compatible con los supuestos operativos de las nuevas tecnologías y la nueva economía global. Las nuevas ideas acerca de la naturaleza ofrecen el marco que da legitimidad al siglo de la biotecnología al sugerir que esta nueva forma nuestra de reorganización económica y la sociedad es una ampliación de los principios y prácticas de la propia naturaleza y por lo tanto, está justificada.”

la biotecnología están siendo aplicados a nivel industrial y en los últimos años se ha ido conformando un mercado de productos y servicios nuevos o rejuvenecidos.

Los Gobiernos nacionales y principalmente las grandes empresas transnacionales se encuentran en una carrera por obtener derechos de propiedad intelectual y patentes que les permita la conformación y el desarrollo de un sector bioindustrial capaz de ejercer un control sobre los recursos biológicos, y ponerse a la cabeza, con una industria de vanguardia capaz de impulsar y alimentar a las demás.

Para los países en desarrollo que cuentan con elevado porcentaje de biodiversidad significa un reto incorporarse a este nuevo paradigma biotecnológico, pues no sólo se trata de pensar en el aprovechamiento de ventajas comparativas como las grandes áreas proveedoras de recursos genéticos, sino, se trata de concentrarse en la creación de estas ventajas comparativas a nivel de generación de nuevas industrias con un nivel elevado de productividad, que permitan añadir valor y capaz de ser competitivo para incluirse en el mercado mundial, significa aprender de la historia, para observar la aparición de una ventana de oportunidades que se presenta con la gestación de lo que podría ser el próximo paradigma tecnoeconómico. Este es un enorme reto que enfrentan los Gobiernos y el sector privado de los países en desarrollo que cuentan con este “capital genético”, pues las empresas transnacionales continúan con la concentración industrial, la conformación de grandes conglomerados de corporativos, que cuentan con el capital necesario para llevar a cabo la dominación de este nuevo paradigma, de ello surge la importancia de establecer una colaboración entre Gobierno-Universidades-Empresas de los países en desarrollo para aprovechar y explotar todas las ventajas que puede ofrecer la biotecnología. México como país que cuenta con una riqueza y un gran acervo genético debido a que es un país que cuenta con megabiodiversidad enfrenta todos estos retos.

Debe entenderse que los nuevos paradigmas, siempre son asimilados con cierto rezago técnico-científico por la periferia o países en desarrollo y cuando estos paradigmas son asumidos por la sociedad de estos países genera sus propias características en el plano tecnológico, productivo e institucional, “ *no se trata de una reproducción lineal de lo ocurrido en el mundo desarrollado, sino de un proceso que sigue la lógica de desarrollo propia de los países receptores. Cada sociedad construye sus propias formas de organización social de la producción, sus propias instituciones, regímenes tecnológicos y competitivos sectoriales, y sólo una detenida mirada sobre la especifici-*

dad de los escenarios locales permite concebir, a la larga, una agenda de políticas públicas adaptada a cada caso en particular."⁵⁸

Como señalamos en el primer capítulo, generalmente los países en desarrollo o la periferia participan más en el proceso de explotación del nuevo paradigma que en el proceso de creación del nuevo paradigma, presentando una mayor inmadurez científico-tecnológica e institucional, planteando un modelo sectorial menos intensivo en capital y de conocimiento científico, basándose en una industria intensiva en mano de obra y en explotación de los recursos natural. La incipiente industria que se crea en la periferia suele adaptar los productos que llegan de exterior a su contexto en lugar de generar productos (bienes y servicios) basados en su propia experiencia y contexto nacional. Lo que se puede observar es que en los países en desarrollo el nuevo paradigma es explotado en contexto de mercados más concentrados y de modelos de comportamiento microeconómico menos competitivos, donde los marcos regulatorios y las instituciones son más frágiles que en los países en desarrollo.

El surgimiento de la biotecnología como el próximo paradigma tecnoeconómico, genera muchas expectativas sobre su aplicación y desarrollo en los países en desarrollo, en este trabajo nos concentraremos en el análisis de los países de América, observando algunas implicaciones para el caso de México, comparándolos con el caso de Estados Unidos, que hoy en día, es el país no solo en América, sino también a nivel mundial con más avances técnicos-científicos y de aplicación en el campo de la ciencia de la vida y la biotecnología en general. Lo anterior, no implica que países en otra regiones del mundo carezcan de importancia, pues esta el caso de China, Argentina e India, que han dirigido su atención al desarrollo de la biotecnología y que han tenido grandes avances dentro de este campo.

Actualmente son cuatro las áreas en las que tiene un impacto la biotecnología, áreas en las que se continúan haciendo avances, a pesar de que su aplicaciones han quedado limitadas a ciertas regiones del mundo, como el caso de los cultivos de semillas genéticamente modificadas. A continuación enlistamos estas cuatro áreas:

⁵⁸ Katz, Jorge y Alicia Barcenás, Capítulo 1 El advenimiento de un nuevo paradigma tecnológico el caso de los productos transgénicos, en *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, junio 2004. pp 27

1. En el campo de la Salud o Biotecnología Roja, dedicada a la prevención, el diagnóstico, tratamiento de enfermedades, así como la producción de fármacos.
2. En las actividades agrícolas, ganaderas y forestales, que en su conjunto pueden ser conocidas como Biotecnología Verde, que busca incrementar la productividad, la resistencia a las especies dañinas, la fabricación de plaguicidas o la creación OGM que cuenten con mejores características para el aprovechamiento y el consumo humano. Actualmente se está desarrollando un segundo paquete de semillas genéticamente modificadas, que contienen genes con la capacidad de resistir el estrés ambiental como: resistencia a las altas temperaturas, a la salinidad de la tierra, menor empleo de agua o mayor resistencia a las altas temperaturas. Por otro lado también tenemos los cultivos provenientes de semillas genéticamente modificadas a las que se les han agregado nutrientes necesarios, esto con la finalidad de combatir los problemas de alimentación y de desnutrición que se presentan en los países en desarrollo, como el caso del arroz modificado para contener mayores cantidades de vitamina A, esta variedad de arroz genéticamente modificado está siendo empleado en la India para solucionar los problemas de déficit nutricional, que provoca graves problemas de salud a la población. Finalmente este tipo de cultivos genéticamente modificados están encaminados a incrementar la productividad de ciertos cultivos estratégicos como es el caso de la soja, el maíz, el arroz y el trigo.
3. En las actividades dedicadas a la acuicultura y la obtención de productos marítimos, que en su conjunto es conocida como Biotecnología Azul, que busca crear peces genéticamente modificados, un ejemplo de ello podría ser el caso de los estudios desarrollados en Salmones, que busca inhibir el instinto de desovar, que actualmente provoca bajas en la producción de Salmón, otro de sus objetivos, es la fabricación de vacunas que permitan disminuir la mortalidad de los peces o evitar las deformaciones genéticas, principalmente en la piscicultura intensiva de las granjas de peces. De nuevo observamos, que la finalidad de el empleo de la biotecnología azul es para incrementar la productividad y proporcionar materias primas para la industria.
4. En las actividades de aplicaciones industriales o la Biotecnología Blanca, que está destinada a la elaboración de nuevos materiales, teniendo como base la biodiversidad con su flujo de información genética y el aprovechamiento de estos recursos naturales, un ejemplo de ello es el desarrollo de biomateriales y biocombustibles.

Los cuatros sectores anteriormente descritos pueden ser reducida a tres actividades, ya que la Biotecnología Azul puede ser incluida dentro de la Biotecnología Verde, de esta manera podemos obtener tres grandes sectores de aplicación biotecnológica, clasificación en la que se basa la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Por lo que tenemos los siguientes sectores de producción:

1. Salud: sector farmacéutico y de atención médica.
2. Productos primarios: producción agrícola, ganadera, pesquera y forestal.
3. Industria: industria de biomateriales, biocombustibles, biorremediación, biominería, catálisis industrial y bioprocesos de producción de enzimas y ácidos orgánicos

Cuadro 2.4

Sectores Biotecnológicos			
Salud	Primario	Industria	Bioinformática
Biofármacos	Semillas genéticamente modificadas	Bioquímicos	
Terapéuticos	Animales genéticamente modificadas	Bioenzimas	
Vacunas	Biopesticidas	Bioelectrónicos	
Diagnósticos	Biofertilizantes	Recuperación de minerales	
Anticuerpos Monoclonales		Biocombustibles	
Pruebas Genéticas		Ambientales	
Terapia Génica		Biorremediación	
Reemplazo de tejidos		Monitoreo	
Piel		Materiales biodegradables	
Órganos		Alimentos y bebidas	

Elaboración propia

La Bioinformática es otro sector que forma parte del nuevo paradigma tecnoeconómico, pero debido a que esta estrechamente involucrado con el desarrollo de informática lo trataremos de un modo especial, entendiéndolo como parte del desarrollo informático y biotecnológico.

En cuanto a la clasificación de las empresas biotecnológicas y su posición que juegan en la división internacional del trabajo o la división global del trabajo, podemos señalar que existen empresas tipo OEM, que son las grandes empresas transnacionales que después de haber obtenido toda la información genética de su interés y haberla sometido a experimentos en laboratorio para obtener algún producto o desarrollado una técnica, buscan patentes o derechos de propiedad intelectual, ejemplos de ellos son Monsanto, Dupont, GlaxoSmithKline, Roche-Genentech, etc. Las dos primeras empresas mencionadas anteriormente están relacionadas con la agricultura y la producción de agroquímicos, semillas mejoradas, producción de OGM, pesticidas y fertilizantes, generando así todo un paquete tecnológico necesario para la producción agrícola, pero que busca obtener mayores beneficios o ganancias extraordinarias mediante la obtención de patentes por sus desarrollos tecnológicos. En el caso de las dos últimas empresas mencionadas, sucede algo parecido solo que en el campo de la salud, específicamente en la producción de fármacos y diagnóstico de enfermedades.

Este tipo de empresas dirigen la conformación de cadenas de valor en el desarrollo del paradigma de la biotecnología, de tal modo, que las empresas OEM se apoyan en empresas subcontratistas, desde pequeñas y medianas empresas dedicadas a la I&D de nuevos productos y técnicas biotecnológicas, con marca propia pero que a su vez colaboran de manera conjunta, o que seden sus derechos de propiedad intelectual o incluso llegan a fusionarse con las grandes empresas transnacionales.

Por otro lado encontramos, empresas privadas o instituciones públicas como universidades, dedicadas a la bioprospección, que proporcionan uno de los factores de la producción más importantes en esta cadena de valor, la información genética. También se encuentran las empresas que proporcionan servicios de asistencia técnica, administración financiera, distribución, incubadoras de empresas etc.

Corredores biológicos: información genética in-situ y ex-situ

El conocimiento del funcionamiento a nivel celular de los organismos vivos, la funciones de las

proteínas y un mayor conocimiento de los genes, han permitido el desarrollo de aplicaciones en el sector salud, primario (agricultura, ganadería, piscicultura, forestal y explotación de recursos naturales) e industrial, lo cual a favorecido la creación de nuevos bienes y servicios⁵⁹, con ello la apertura de nuevos mercados.

Con la información genética, su empleo y el resultado de nuevos materiales obtenidos a partir de a biotecnología surgen nuevos factores para la producción y nuevos procesos productivos que pretenden disminuir los costos de producción e impulsar la productividad al interior de las distintas industrias que emplean esta tecnología. Apareciendo con esta tecnología nuevas funciones de producción, donde uno de los factores de la producción es la información genética y las materias primas obtenidas a partir del uso de biotecnología.

La mayoría de la información genética proviene de las grandes áreas o zonas que cuentan con megabiodiversidad, es decir, los corredores de biodiversidad, regiones donde se concentra un elevado porcentaje de biodiversidad⁶⁰. Estos corredores de biodiversidad forma parte de la infraestructura natural de este paradigma, a pesar de que en las últimas décadas se han devastado gran parte de estas áreas, impulsando el desarrollo de una infraestructura que almacene toda esta información de forma “artificial”.

Los corredores de biodiversidad comenzaron a captar la atención de las empresas transnacionales en las última década del siglo XX, debido al gran potencial que ofrece para la creación de un nuevo mercado basado en la biotecnología (surgimiento de los bionegocios), donde uno de sus elementos importantes, es la bioprospección encaminada a obtener y recolectar toda la información genética que pueda encontrar en estas zonas, para después ser concentrada en los bancos de información genética, convirtiendo a los genes de las diferentes especies en un recurso natural capaz de ser explotado y en un insumo clave para la industria de base biotecnológica.

⁵⁹ La producción de bienes no solo esta concentrada en la producción de bienes de consumo, sino también, en la producción de bienes de capital y la generación de información, elementos necesarios para el desarrollo de una economía basada en la biotecnología, también es necesario generar nueva infraestructura capaz de resolver las necesidades que va demandando el desarrollo de la biotecnología, ejemplo de ello son los centros de investigación, los laboratorios especiales o las supercomputadoras que almacenan grandes bases de datos, permitiendo conformar grandes bancos de información, donde se pueden encontrar miles de secuencias de organismos vivos.

⁶⁰ El concepto de biodiversidad se refiere en general a la variedad de la vida en tres niveles básicos: ecosistemas, especies y genes. Esto significa que la biodiversidad de un país o de una región se puede medir de acuerdo con los diferentes tipos de ecosistemas que contenga, el número de especies, la diferencia en la composición de especies entre un sitio y otro (diversidad beta), el nivel de endemismos (especies exclusivas para el país o región), así como las subespecies y variedades o razas de una misma especie (PNUMA-CCAD, 2003)

Este almacenamiento de información en los bancos de información genómica es lo que se considera conservación “ex situ”, es decir, la conservación ya sea de especies o de genes de especies animales o vegetales fuera de sus ecosistemas naturales. Por otro lado, la conservación “in situ”, es la que se lleva a cabo dentro de los ecosistemas naturales a los que pertenecen en realidad cada especie.

Un ejemplo de conservación ex situ es la labor llevada a cabo por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR por sus siglas en inglés)⁶¹, y su colaboración con 15 centros internacionales de investigación⁶², que a su vez trabajan con organizaciones gubernamentales y de la sociedad civil y con empresas privadas de todo el mundo. La colaboración que se mantiene entre los centros de investigación y el CGIAR, es de carácter científica, que permita desarrollar aplicaciones agrícolas, por otro lado 12 de los 15 centros mantienen bancos internacionales de genes, preservando y facilitando una amplia variedad de genes. Esta información está disponible en la red de intercambio de información sobre germoplasma del CGIAR y sus socios en la Red de Información sobre Recursos Genéticos (SINGER), que contiene al rededor de medio millón de muestras de diferentes cultivos.

Con el concepto de conservación biológica in situ ha generado un mayor interés en la creación y mantenimiento de parques nacionales, áreas protegidas, jardines botánicos, reservas ecológicas.

⁶¹ El Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) es una asociación mundial que reúne a organizaciones dedicadas a la investigación para el desarrollo sostenible. Los donantes son los gobiernos de países industrializados y en desarrollo, fundaciones y organizaciones internacionales y regionales y fundaciones privadas. www.cgiar.org

⁶² Centro del Arroz para África (WARDA) Cotonou, Benín; Bioversity International Maccaresse, Roma, Italia; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia; Centro de Investigación Forestal Internacional (CIFOR) Bogor, Indonesia; Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) Texcoco; Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima, Perú; Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas (ICARDA) Aleppo, Siria; Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT) Patancheru, Andhra Pradesh, India; Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) Washington, D.C., USA; Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) Ibadan, Nigeria; Instituto Internacional de Investigaciones Agropecuarias (ILRI) Nairobi, Kenya, y Addis Abeba, Etiopía; Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI) Los Baños, Filipinas; Instituto Internacional para el Manejo del Agua (IWMI) Colombo, Sri Lanka; Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF) Nairobi, Kenya; Centro Piscícola Mundial Penang, Malasia

cas y corredores de biodiversidad⁶³, pero sin dejar a un lado la conservación *ex situ* e incluso siendo de mayor importancia. A pesar del esfuerzo de conservación, áreas tanto marítimas y terrestres siguen siendo explotadas y devastadas, lo cual representa una pérdida de biodiversidad en sus tres niveles: ecosistemas, especies y genes.

Son 9 los corredores biológicos a nivel planetario. En América el corredor de la Sierra Nevada, que se extiende desde las Rocallosas hasta Canadá. El corredor Mesoamericano y el de América del Sur. En Europa, El Corredor del Mediterráneo. En África, el Corredor del Golfo de Guinea y el de Mozambique, En Asia el Corredor de Indonesia y el Océano Indico, Finalmente, distribuido a lo largo y ancho del Pacífico, el Corredor de Filipinas, Polinesia y Micronesia. ⁶⁴

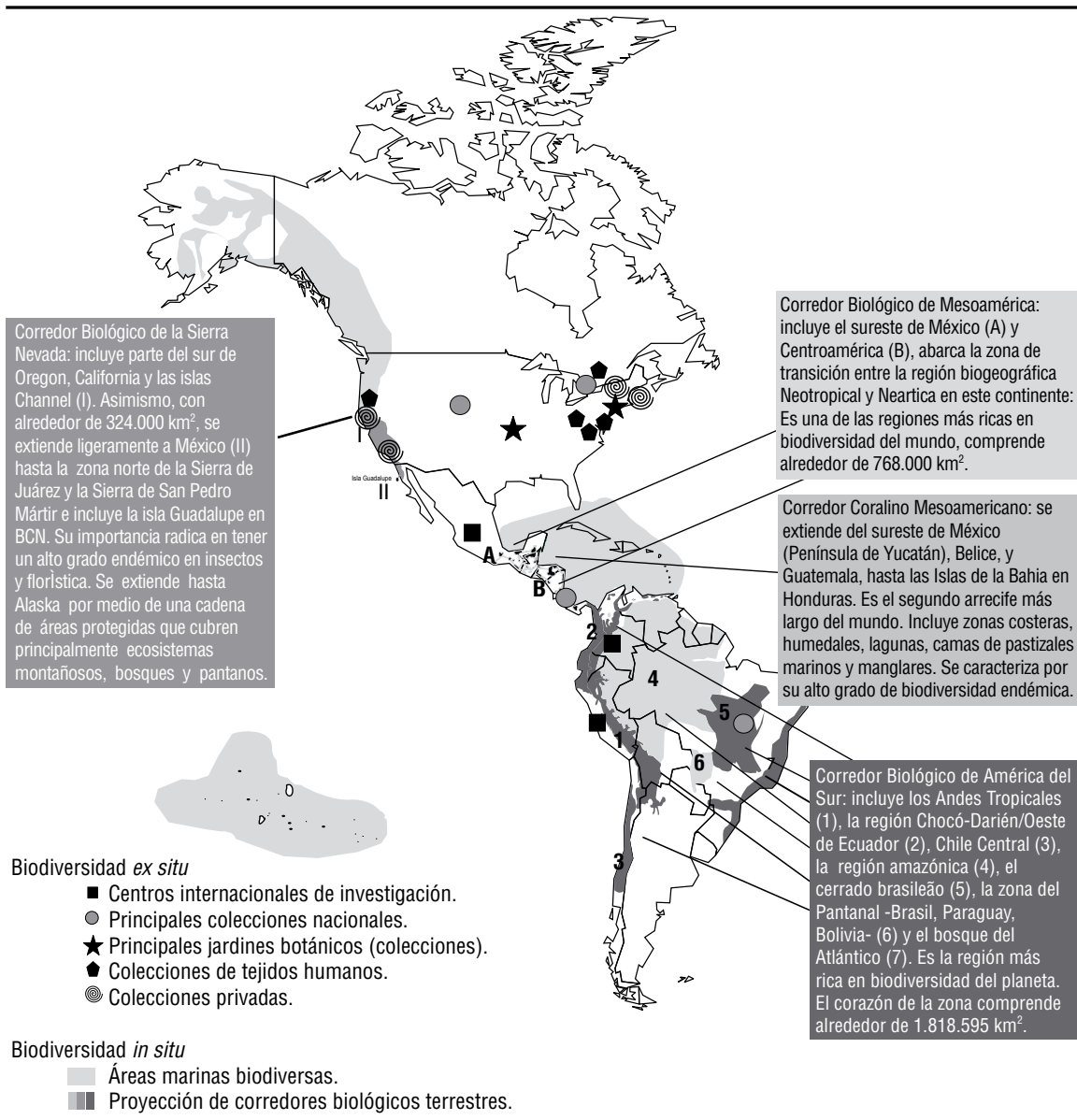
La información que se está recabando proviene de las áreas donde existe mayor diversidad biológica, ubicadas principalmente las regiones que tropicales, básicamente en el hemisferio sur del planeta, donde se ubican la mayoría de los países en desarrollo, es la región que cuenta con mayor biodiversidad genética, se calcula que al rededor del 80% de la biodiversidad del planeta se encuentra ubicada en esta región, un ejemplo de región con megadiversidad es la Selva del Amazonas que comprende parte del territorio de Brasil y Perú con la mayor extensión y otros países latinoamericanos en menor proporción (Colombia, Bolivia, Ecuador, Guyana, Venezuela, Surinam y la Guayana Francesa). México, India y Australia son otros casos de países importantes por ser megadiversos.

⁶³ El Convenio sobre Diversidad Biológica se entiende; "Por área protegidas se entiende un área definida geográficamente que haya sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación; por condiciones *in situ* se entiende las condiciones en que existen recursos genéticos dentro de ecosistemas y hábitats naturales y, en el caso de las especies domesticadas o cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas; Por "conservación *ex situ*" se entiende la conservación de componentes de la diversidad biológica fuera de sus hábitats naturales; Por "conservación *in situ*" se entiende la conservación de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas. Por "diversidad biológica" se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas."

⁶⁴ Delgado Ramos, *El carácter geoeconómico y geopolítico de la biodiversidad*; el caso de América Latina,

Mapa 2.1

Corredores biológicos y bancos genéticos en el continente americano



Elaborado por Delgado Ramos con base a su información e información del CI

Cuadro 2.5

Países con Megadiversidad							
Continente	País	Superficie ^a (Km ²)	Plantas Vas- culares	Mamíferos	Aves	Reptiles	Anfibios
América	México	1 972 544	23 424 ^b	535 ^{c,d}	1 107 ^f	804 ^e	361 ^e
	Perú	1 285 210	17 144 ^g	441 ^g	1 781 ^g	298 ^a	420 ^h
	Brasil	8 511 965	56 215 ^g	578 ^g	1 712 ^g	630 ⁱ	779 ^h
	Colombia	1 141 748	48 000	456 ^a	1 815 ^a	520 ⁱ	634 ^h
	Ecuador	283 561	21 000	271 ^a	1 559 ^a	374 ^a	462 ^h
	Venezuela	912 050	21 073 ^g	353 ^g	1 392 ^g	293 ^a	315 ^h
África	Congo	2 344 000	6 000 ^g	166 ^g	597 ^g	268 ^a	216 ^h
	Madagascar	587 045	9 505 ^g	165 ^g	265 ^g	300 ^a	234 ^h
Asia	Indonesia	1 916 600	29 375 ^g	667 ^g	1 604 ^g	511 ⁱ	300 ^h
	China	9 561 000	32 200 ^g	502 ^g	1 221 ^g	387 ^a	334 ^h
Oceanía	Australia	7 686 810	15 638 ^g	376 ^g	851 ^g	880 ⁱ	224 ^h

Fuentes: ^aMittermeir *et al.* 1997. ^bVillaseñor 2004, ^cCeballos y Oliva 2005. ^dRamirez-Pulido *et al.* 2008. ^eFlores-Villela y Canesco-Márquez 2004. ^fNavarro y Gordillo 2006. ^gWRI (World Resource Institute) 2004. ^hAmphibiaWeb 2007. ⁱUetz 2002.

Cuadro 2.6

Los Cinco primeros países con Megadiversidad					
Grupo	Primer Lugar	Segundo Lugar	Tercer Lugar	Cuarto Lugar	Quinto Lugar
Plantas	Brasil	Colombia	China	Indonesia	México
	56 215 ^g	48 000	32 200 ^g	29 375 ^g	23 424 ^b
Anfibios	Brasil	Colombia	Ecuador	Perú	México
	779 ^h	634 ^h	462 ^h	420 ^h	361 ^e
Reptiles	Australia	México	Brasil	Colombia	Indonesia
	880 ⁱ	804 ^e	630 ⁱ	520 ⁱ	511 ⁱ
Mamíferos	Indonesia	Brasil	México	China	Colombia
	667 ^g	578 ^g	535 ^{c,d}	502 ^g	456 ^a
Aves	Colombia	Perú	Brasil	Indonesia	Ecuador
	1 815 ^a	1 781 ^g	1 712 ^g	1 604 ^g	1 559 ^a

Fuentes: ^bVillaseñor 2004, ^cCeballos y Oliva 2005. ^dRamirez-Pulido *et al.* 2008. ^eFlores-Villela y Canesco-Márquez 2004. ^fNavarro y Gordillo 2006. ^gWRI (World Resource Institute) 2004. ^hAmphibiaWeb 2007. ⁱUetz 2002.

Como podemos observar en los cuadros superiores, son 12 los países que cuentan con megadiversidad: México, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Congo, Madagascar, China, India, Malasia, Indonesia y Australia, lista que se puede extender a 17 países considerando también a Papúa Nueva Guinea, Sudáfrica, Estados Unidos, Filipinas y Venezuela. Estos 17 países en conjunto albergan el 70% de las especies conocidas. Podemos observar que 6 de los 17 países con megadiversidad, son países Latinoamericanos, por lo que esta región es de suma importancia para el desarrollo del paradigma biotecnológico.

Dentro de los cinco países que cuentan con mayor megadiversidad México se encuentra en cuatro de las cinco clasificaciones según especies ocupando el quinto lugar en plantas vasculares con 23 424 especies, el quinto lugar en anfibios con 361 especies, el segundo lugar en reptiles con 804 especies y en el tercer lugar en mamíferos con 535 especies.

También existe el caso de los países o regiones que se caracterizan por ser centros de origen de ciertas especies, como es el caso del maíz de México o el caso de la papa de Perú, también podemos ubicar las regiones que se caracterizan por tener especies endémicas, lo que quiere decir que son solamente exclusivas de esa región dentro de su ecosistema natural, Madagascar es uno de los mayores ejemplos.

La obtención de la información genética se está llevando a cabo mediante las “campañas” de bioprospección apoyadas por organismos internacionales como el BM, la ONU, Proyecto Genoma Humano, etc., en colaboración con empresas privadas y los gobiernos de los diferentes países donde se llevan a cabo estos estudios, permitiendo el acceso a un insumo sumamente valioso.

El empleo de toda esta información genética obtenida gracias a la bioprospección, posibilita la creación de nuevos productos y servicios que en su mayoría están siendo elaborados por empresas transnacionales de países desarrollados, por lo que la mayoría de los bancos de información está siendo empleada en los laboratorios de I&D de los países desarrollados, en cuanto a los países en desarrollo son muy pocos los casos de aprovechamiento y de éxito, a ello se suma el problema de patentes y propiedad intelectual, pues gran parte de las empresas están haciendo solicitudes sobre organismos modificados o técnicas empleadas para el desarrollo de algún bien y servicio que este bajo los fundamentos de la biotecnología, esto provoca que muchos de los conocimientos y técnicas de manejo de la biodiversidad que ya empleaban desde hace ya varios siglos los grupos étnicos de las regiones donde se ubican las zonas con megabiodiversidad queden privatizados, lo que no sólo resulta en un impacto económico, cultural y social dentro de la región para los países en desarrollo

también significa una desventaja, al no poder emplear estos recursos de manera “libre”, ya que tendrán que pagar por estos derechos, lo cual genera una barrera a la industrialización para los países en desarrollo.

Los grupos étnicos de las diversas regiones del planeta, cuentan con acervo de conocimiento muy amplio, en cuanto al uso de la biodiversidad que se encuentra disponible en las zonas en las que habitan, ejemplo de ello es la medicina tradicional, que está basada en el empleo de plantas medicinales. Todo este conocimiento se ha desarrollado a lo largo de siglos, pero con el surgimiento de la biotecnología, toda esta información comienza a adquirir un valor en el mercado, debido a ello, grandes empresas transnacionales se han lanzado en la búsqueda de sistematizar todo este acervo de conocimiento, para posteriormente corroborarlo científicamente y poder emplearlo en nuevos procesos, productos y servicios. La industria farmacéutica y química son agentes que aprovechan este mecanismo. Ya que recolectan y emplean un elevado porcentaje de germoplasma obtenido de los países del Sur para la elaboración de nuevos medicamentos.

Por ejemplo, México cuenta con una gran diversidad natural, siendo la topografía, la diversidad de climas y la diversidad cultural factores que hacen a México un país con megabiodiversidad. La diversidad cultural esta ligada a la diversidad biológica, muchos de los pueblos de México, Centro y Sudamérica desarrollaron una gran interconexión con los ecosistemas en los que se desarrollaban, empleando y aprovechando muchas de los recursos naturales de los ecosistemas donde desarrollaron sus civilizaciones, no solo en el área de la agricultura, ya que la cosmovisión de los pueblos prehispánicos definió muchos aspectos de su vida que se hace presente en la medicina, la arquitectura, etc. En México los grupos indígenas, por ejemplo, conocen y emplean una gran variedad de plantas con fines alimenticios y medicinales, lo mismo sucede con los insectos. Se calcula que el 25% de las plantas de México tienen algún uso.

Cuadro 2.7

Número de especies de plantas superiores utilizadas y nombradas entre algunos grupos indígenas de México		
Grupo étnico	Especies presentes	Especies nombradas y utilizadas
Tarahumaras (Chihuahua)	1,000	398
Seri (Sonora)	2,703	516

Nahuas y otros (Veracruz)	8,500	1,597
Purépechas (Michoacán)	500	230
Mayas (Yucatán)	1,936	909
Tzeltales (Chiapas)	10,000	1,040

Fuente: Sarukhán José, "Diversidad Biológica", en Revista de la Universidad de México, UNAM. México, 1993, p. 7; tomado de Caballero J y C. Mapes, "Gathering and Subsistence Patterns among the purépecha Indians of México" en Journal of Ethnobiology. Na 5. Nueva York, 1985.

En América Latina existen muchos proyectos de bioprospección y sistematización de conocimiento, como el Proyecto de Conservación de la Biodiversidad e Integración del Conocimiento Tradicional en Plantas Medicinales en el Sistema de Salud Básico en América Central y el Caribe - UNEP/CBD/COP/4/27- (BICTPM) del BM/ Gef-PENUD, aprobado en noviembre del 2000, es ejecutado desde el TRAMI Programa de IUCN, financiado por el BM, Gef, FAO, ONU, Usaid, CI, Fundación MacArthur y Ford, en colaboración con universidades de diferentes partes del mundo.

Otro ejemplo es el Atlas Etnológico de México y Centroamérica, financiado por la Regional Unit Technical Assistance (RUTA) con fondos del BM y la colaboración del Smithsonian Institute, la ONG mexicana Etnoconología, A.C. y el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México .

Estas campañas de bioprospección no se llevan acabo directamente por las empresas transnacionales interesadas en la obtención y recolección del germoplasma existente en el mundo, sino, emplean intermediarios, que pueden ser compañías privadas dedicadas a la recolección y comercio de especímenes biológicos, organizaciones no gubernamentales y entidades sin fines de lucro, tales como institutos de investigación científica, jardines botánicos, grupos ambientalistas y de conservación, o etnobotánicos empleados bajo contrato por las corporaciones (Gian Ramos; 2000)⁶⁵.

⁶⁵ Gian Carlo Delgado Ramos

Cuadro 2.8

Ejemplos de institutos, universidades o empresas encargadas de la sistematización de la información biológica/ bioprospección.		
Instituciones, Universidades o Empresas	País	Proyecto
Bioeteics	Inglaterra	Suministro de plantas exóticas a la industria farmacéutica
Instituto Nacional de Cáncer de Estados Unidos	EU	Patrocina campañas para la recolección de plantas tropicales, mediante la contratación de etnobotánicos
Terralingua	Organización Internacional no Gubernamental	Busca expertos de cada región del mundo que pueda llevar acabo el mapéo cruzado (diversidad cultural y biológica) basándose en un profundo entendimiento de la situación regional etnolingüística. Atlas TOR's
Conseervation International (CI)	ONG con base en California, EU, con mas de 30 oficinas al rededor del mundo	Desarrollo programas de bioprospección y conservación de biodiversidad en el mundo. Dos ejemplos de sus programas son: Tropical Ecology Assessment and Monitoring Network (TEAM) ó el programa Biodiversity Suervey Network.
Consultive Group in International Agricultural Reserch (CGIAR)	Organización internacional	Bioprospección, generación de bancos de información genética
NASA	EU	Programa Ccad/NASA. Empleo de tecnología satelital de punta para la localización geográfica de la biodiversidad. Geinformación de recursos naturales
Unidada Regional de Asistencia Técnica (RUTA)	Países centroamericanos (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Honduras y Panamá) y agencias internacionales de desarrollo (MAEC,FIDA,A-DA,BID,FAO,IFPRI,IICA)	Atlas etnológico de México y Centroamérica
Shaman Pharmaceuticals Inc.	San Francisco -California, EU	Colecta de plantas y microorganismos, Bioprospección den América Latina, Africa y Sudeste Asiático
Bermuda Institue of Ocean Sciences		Bioprospección marina, análisis genómico de bacterias marinas y plancton en el mar de Sargasso y el desarrollo de biomarcadores para la detección de contaminantes en las zonas de corales y otros ecosistemas marino

Ejemplos de institutos, universidades o empresas encargadas de la sistematización de la información biológica/ bioprospección.		
San Diego Zoo Institute for Conservation Research- Backman Center	San Diego, EU	Empleo de tecnología avanzada para ayudar a las especies en peligro de extinción, Manejo, recolección y conservación de especies en peligro de extinción.
The Department of Biochemistry, University of Ghana	Ghana	En colaboración con Diversa Corporation, obtener derechos para descubrir genes y comercializar productos
Diversa Corporation	EU	Bioprospección de microbios al rededor del mundo

Elaboración propia con información de Gian Carlo Delgado Ramos

El debate en cuanto al conocimiento de los grupos étnicos es muy amplio, en el caso de América Latina, existen aun muchos grupos indígenas que cuentan con gran acervo de conocimiento. El uso de plantas medicinales es una practica de gran importancia para estos pueblos, el problema al que se enfrentan ahora además de los problemas ambientales y de devastación ambiental, que provoca la perdida de biodiversidad, es la aparición de empresas transnacionales interesadas en patentar los diferentes genomas de esta región, después de haber recogido la información genética y ser manipuladas en los laboratorios, para obtener los compuestos de su interés. El problema es que conocimiento empleado por los pueblos autóctonos de las diferentes regiones de América Latina, esta siendo privatizado, sin recibir las compensaciones adecuadas o incluso en muchas ocasiones sin recibir compensaciones algunas, dejando en una gran desventaja a estas comunidades y a los países en desarrollo que podrían emplear todo este acervo de conocimiento para favorecer el crecimiento y el desarrollo regional.

Algunas de las campañas de bioprospección son vistas por sus críticos como campañas de biopiratería, debido a que las empresas transnacionales solo buscan apropiarse y beneficiarse del conocimiento y la biodiversidad, sin otorgar las verdaderas compensaciones de quienes son poseedores ya desde hace varios siglos en el manejo de este conocimiento.⁶⁶

⁶⁶ Ver grupo ETC, www.etcgroup.org/es

Países núcleo del desarrollo biotecnológico:

De igual forma que la revolución informática tiene su origen en una región específica, El Silicon Valley ubicado en la bahía de San Francisco al norte de California en EU, las empresas que comenzaron a conformar a la industria de la biotecnología también se posicionaron ya hace más de tres décadas principalmente en el norte de California en San Francisco, en Nueva Inglaterra y Maryland.

Mapa 2.2 Ubicación de las primeras empresas biotecnológicas.



Mapa geográfico del cluster de biotecnología farmacéutica de San Diego. Los puntos rojos corresponden a empresas del cluster. <http://www.new-econ.com/pdf/TepperTalk.pdf>.

Los primeros avances de la biotecnología se desarrollaron por universidades auspiciadas con recursos dirigidos por parte del Gobierno Estadounidense, centros de investigación de hospitales así como por científicos universitarios que comenzaron a fundar sus empresas independientes, empresas que con el paso del tiempo fueron absorbidas por grandes empresas transnacionales o consorcios empresariales.

Las primeras empresas innovadoras se enfrentaron con problemas financieros, debido a que no contaban con viabilidad financiera en sus primeras etapas, otros factores fueron la presencia de incertidumbre de éxito y el argumento de las empresas privadas de la inexistencia de una delimitación de patentes y propiedad intelectual, que les permitiera obtener ventajas en el mercado, debido a que ellos habían realizado los gastos de inversión, también se compaginaron las dificultades científicas y problemas técnicos e importantes obstáculos institucionales y sociales derivados de preocupaciones éticas y de seguridad tanto nivel salud humana como efectos sobre el medio ambiente, todos estos factores retrasaron la aplicación de la biotecnología tanto a nivel agropecuario, industrial y en el sector salud, impidiendo su introducción en el mercado, provocando que todo el capital destinado a la I&D no se valorizara, por tal motivo representó una gran pérdida de recursos financieros y la obtención de ganancias nulas durante la décadas de los setenta y los ochenta del siglo XX.

A pesar de que antes de los años noventa algunas de las aplicaciones de la biotecnología ya eran empleadas para la elaboración de medicamentos y su comercialización, fue hasta inicios de los años noventa del siglo pasado, que las grandes empresas de farmacéuticos y químicas se comenzaron a interesar más por la biotecnología y por los avances desarrollados por estas pequeñas y medianas empresas de base biotecnológica, que con el tiempo fueron compradas o funcionando con las grandes transnacionales como Ciba, Geigy⁶⁷, Eli Lilly, GlaxoSmithKline⁶⁸, Wellcome, Merck⁶⁹, y Roche-Genentech⁷⁰, abriendo paso hacia un proceso de concentración industrial.

El sector de la salud (medicina, farmacéutica, producción de vacunas, servicios y diagnósticos médicos) es el sector en el que la biotecnología ha tenido mayor desarrollo y aplicación de la ingeniería genética y la biotecnología, ejemplo de ello es la producción de insulina, interferones y hormonas del crecimiento que se han aplicado desde los años ochenta en diferentes tratamientos médicos.

Genetech, Biogen, Cetus Amgen, Organogenesis, Genzyme, Calgene, Mycogen y Myriad son algunos ejemplos de empresas pioneras surgidas en Estados Unidos y Europa con base al patrón de la biotecnología, la mayoría de las primeras empresas que surgieron en los años setenta y ochenta

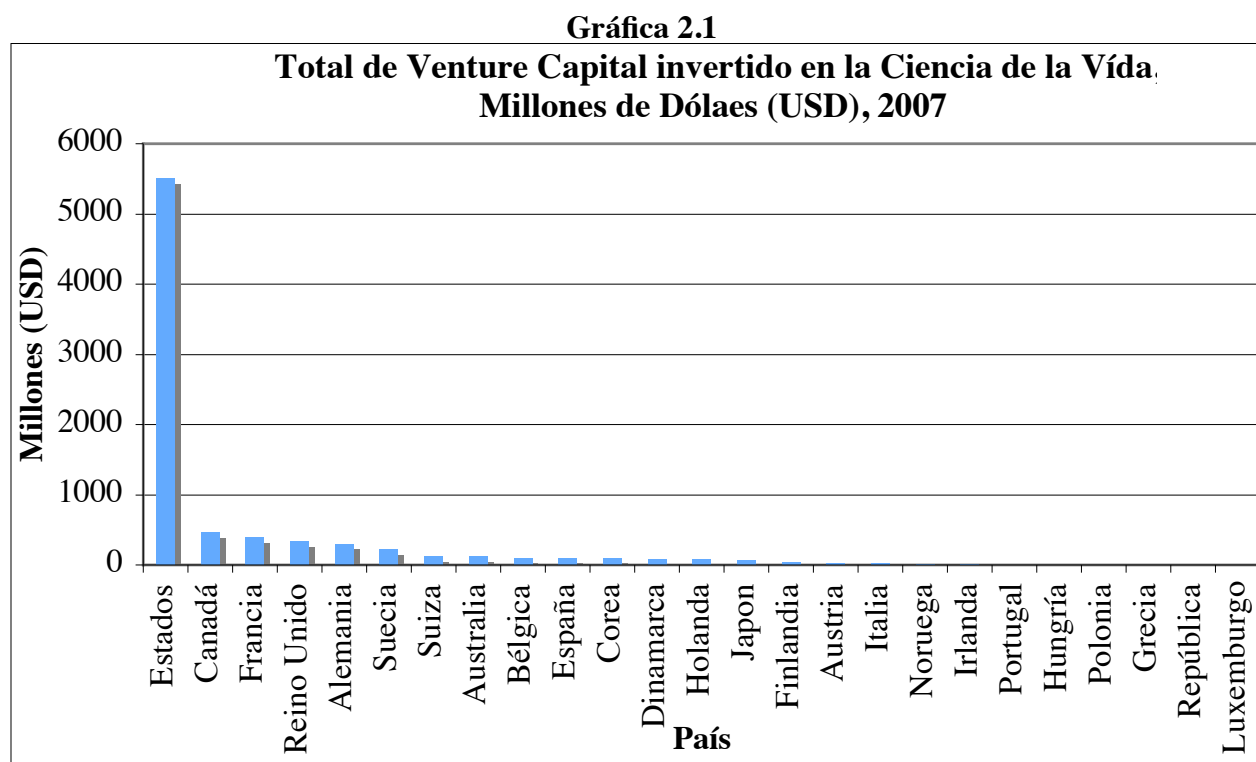
⁶⁷ Novartis fue creada en 1996 mediante la fusión de Ciba-Geigy y Sandoz,

⁶⁸ GlaxoSmithKline está formado por la fusión de Glaxo Wellcome y SmithKline Beecham

⁶⁹ Merck y Schering-Plough es ahora una empresa. En el 2009 se fusionaron para crear una compañía global más fuerte,

⁷⁰ En marzo de 2009, Genentech se convirtió en miembro del Grupo Roche. Como parte de su acuerdo de fusión, Roche y Genentech combinado sus operaciones farmacéuticas en los Estados Unidos. Genentech Investigación y Desarrollo Temprano funciona como un centro independiente dentro de Roche.

ta del siglo XX, nacieron en los laboratorios de las Universidades, por iniciativas académicas o apoyadas por el sector público, mostrando al mundo un nuevo sector productivo, que en pocos años atrajo al sector financiero, principalmente en la modalidad de Venture Capital.



Fuente: OECD, Biotechnology Statistics 2009 basado en la información de Thomson Financial, PwC, EVCA, and National Venture Capital Associations.

Debido a que la biotecnología es un sector relativamente nuevo, es poca la información estadística y apenas se están generando los primeros indicadores del sector biotecnológico, pero podemos observar que para el 2007 el total de venture capital de los 25 países estudiados es de 8 064 millones de dólares, Estados Unidos es el país que presenta mayores inversiones de Venture Capital⁷¹ (capital de riesgo), por encima de las inversiones realizadas en países Europeos. Para el año 2007, el monto de Venture Capital para Estados Unidos en el campo de la ciencia de la vida⁷² fue de 5 507 millones de dólares, seguido de Canadá, Francia, Reino Unido, Alemania con 462, 388, 341

⁷¹ El capital de riesgo define a las inversiones semillas, de puesta en marcha, el desarrollo temprano, y la expansión etapas. Las inversiones de adquisiciones no están incluidas.

⁷² No existen datos disponibles solamente para la biotecnología. La ciencia de la vida incluye a la biotecnología, la farmacéutica, servicios de salud, dispositivos y equipo médico.

y 294 millones de dólares respectivamente, entre estos cuatro países suman 1 485 millones de dólares. Estados Unidos Representa el 68.3% del capital de riesgo invertido de los 25 países estudiados, los cinco primeros países representan el 86.7% de las inversiones de riesgo de los países estudiados.

En cuanto al porcentaje que representan las inversiones de capital de riesgo en el área de la ciencia de la vida respecto a al total de las inversiones de capital de riesgo, en Estados Unidos ocupa el 29.9% del total de las inversiones de capital de riesgo, en Canadá el 30.7% , en Francia el 26.8%, Reino Unido el 10.2% y Alemania con el 27% del 100 por ciento de las inversiones de capital de riesgo realizadas, Suecia es el país con una mayor proporción con el 36.9%.

El manejo y sistematización de la información y el conocimiento científico por parte de las instituciones de I&D y las empresas privadas está encaminada a la obtención de patentes y derechos de propiedad privada, permitiéndoles obtener un producto o una técnica aprovechable solamente por ellos, facilitando el acceso a una renta tecnológica y a la obtención de ganancias extraordinarias, a su vez generando la conformación de Monopolios, Duopolios, Carteles o como bien lo señalo en su momento Schumpeter, el surgimiento de un “capitalismo trustificado”.

Tener un seguimiento del desarrollo de empresas biotecnológicas al rededor del mundo es muy complicado, dado que las estadísticas existentes son muy pocas, pero podemos emplear estadísticas que emplea la OCDE a través de los informes estadísticos que han echo desde el 2006.

Indicadores como empresas dedicadas a la biotecnología, institutos de I&D, numero de empleado que laboran en empresas de base biotecnológica, el número de patentes solicitadas y otorgadas, etc. Son algunos referentes para ver la importancia de este paradigma y su despliegue en distintos países del mundo, siendo Estados Unidos, el países núcleo con mayor desarrollo de este paradigma tecnoeconómico.

III. Sectores de la biotecnología y empresas biotecnológicas

A pesar de que la biotecnología lleva varios años de gestación, es hasta la década de los años noventa cuando se comienza a comercializar los productos que surgen a partir de esta innovación tecnológica, principalmente en el sector de los medicamentos ya desde años atrás se venía trabajando con insulina obtenida a partir de organismos genéticamente modificados, es por ello, que el principal sector que comienza a impulsar esta tecnología, es el sector salud en el área de producción de nuevos medicamentos que emplean la biotecnología para su elaboración, en el caso de la agricultura que es el segundo sector donde se ha comenzado a tener un mayor desarrollo de biotecnología moderna, surge el empleo de semillas y cultivos genéticamente modificados, se presenta una fecha que es importante, marcando un punto de partida para la liberación y comercialización de OGM. En 1995 se aprueba la primera siembra de cultivos transgénicos en EU, a partir de esta fecha se comienza a observar un incremento de superficies dedicadas a la agricultura cultivada con OGM. El International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), ha llevado a cabo, un seguimiento del incremento de la superficie siembra con OGM, lo cual nos permite observar de que manera se ha ido expandiendo la biotecnología en el sector agrícola, aunque básicamente los principales países donde se concentran los cultivos transgénicos, están ubicados en América, casi el 90% de los cultivos transgénicos se encuentran en esta región del planeta, liderados por EU, que dentro de esta revolución tecnológica se presenta como el núcleo. También podemos encontrar cultivos transgénicos en España siendo el único país de Europa que ha levantado la moratoria impuesta por la Comunidad Económica Europea en 1997, a pesar de que en España es el único país con cultivos transgénicos, esta nación se limita sólo a unos cuantos cultivos. En el continente Asiático podemos ubicar a Japón, China e India como los principales países que emplean cultivos transgénicos y por último el caso de Australia .

El caso de la aplicación de biotecnología en el sector industrial aún es muy limitado y se cuenta con muy poca información al respecto, pero los casos más sobresalientes son los de la industria de fabricación de bioplásticos, dicha industria busca sustituir a la industria de plásticos sintéticos, otro ejemplo muy importante, es el de los biocombustibles, que se basan en la producción de combustibles mediante el aprovechamiento de biomasa, actualmente se pueden emplear los cultivos de maíz o de caña para producción de etanol, esto significa un fuerte debate en el ámbito de las

aplicaciones de la biotecnología, debido a la discusión que existe. al utilizar cultivos que pueden ser empleados para el consumo humano para destinarse a la producción de biocombustibles, esto ha provocado, que se realicen nuevas investigaciones de aprovechamiento de biomasa, como es el caso del pasto, arboles y algas marinas para la producción de biocombustibles.

Sector salud.

Los primeros avances y aplicaciones de biotecnología se dieron en el campo de la medicina, principalmente con la elaboración nuevos medicamentos y hormonas, empleados en el tratamiento de algunas enfermedades, el caso de la vacuna para la Hepatitis B, la hormona de crecimientos, son ejemplos de ello. Para finales del 2005, ya existían 142 fármacos elaborados a partir de la biotecnología, de los cuales 76 se produjeron en Estados Unidos, 21 en Europa, 8 en Japón, 15 en Suiza y otros 5 en otros países (Australia, Corea e India). Se estima que al rededor del 20% de los medicamentos introducidos en el mercado provienen del desarrollo de la biotecnología moderna y se estima que durante la década del 2010 alrededor de la mitad de los fármacos son resultado de la aplicación de biotecnología, por otro lado, las técnicas de la biotecnología son aplicadas en varias etapas de la elaboración de nuevos medicamentos.

Cuadro 3.1

Las 10 principales empresas de Farmacéuticos		
Empresa	País	Ventas, 2009, (Millones USD)
Pfizer (Adquirió Wyeth por 68 mil millones de dólares en 2009)	EUA	45,448
Sanofi-Aventis (Completó la adquisición de Genzyme por 20 mil millones de dólares, en 2011)	Francia	40,871
GlaxoSmithKline	Reino Unido	37,134
Novartis	Suiza	36,031
Roche (Adquirió Genetech por 47 mil millones de dólares en 2009)	Suiza	32,084

AstraZeneca	Reino Unido	25,237
Merck & Co. (Adquirió Schering-Plough por 41 mil millones de dólares en 2009)	EUA	22,520
Johnson&Johnson	EUA	19,964
Eli Lilly	EUA	16,890
Boehringer Ingelheim	Alemania	15691
Total		276352

Fuente: Scrip Market Data, IMS Health en Grupo ETC comunicado 107, “Quien controla la economía verde”, Noviembre, 2011

En la tabla superior podemos observar las principales empresas de la industria farmacéutica, todas ellas actualmente emplean biotecnología para la elaboración de un porcentaje considerable de sus productos, como ya mencionamos también, estas empresas han ido adquiriendo pequeñas y medianas empresas que se dedican a la biotecnología, permitiendo de esta manera, que las PyMES transfieran todo su conocimiento a las grandes transnacionales.

Otras aplicaciones biotecnológicas en el sector salud.

El desarrollo de la biotecnología en el campo de la salud no se ha limitado solamente a la elaboración de nuevos fármacos, actualmente se han desarrollado técnicas para el diagnóstico y prevención de enfermedades vía análisis del ADN, lo que al parecer comienza a abrir las puertas hacia una nueva forma de concebir a la medicina y su forma de organizarse, surgiendo la medicina molecular. Las nuevas técnicas posibilitan la modificación del modo de operar del sector salud, en cuanto al diagnóstico y tratamientos de pacientes, permitiendo que el tratamiento sea más personalizado. Debido a que estas técnicas de diagnóstico genético comienzan a ser desarrolladas, con el surgimiento de la ciencia genómica y el análisis postgenómico, las dudas que existen en cuanto a su viabilidad y efectividad son muchas, los costos continúan siendo muy elevados para aplicar este tipo de diagnóstico de manera generalizada, se calcula que un tratamiento basado en el análisis del genoma de una persona ronda alrededor de los \$1000 (USD), un precio que continua siendo muy elevado, aunque el sector salud de Estados Unidos tiene la intención de disminuir los costos en un futuro no muy lejano

La información genómica obtenida gracias a los avances de la ciencia de la vida nos permite emplear los genes humanos, no solo para la producción de proteínas, sino también para hacer frente a las enfermedades de una manera más individualizada, entre estas nuevas técnicas se encuentra el diagnóstico genético⁷³, la farmacogenómica⁷⁴ y la terapia genómica.⁷⁵

Otra aplicación del ADN recombinante en la medicina, esta dirigida a la producción de proteínas heterólogas, ya que con la técnicas de ingeniería genética se pueden obtener organismos que contiene genes de diferentes especies, llamados transgénicos, permitiendo la construcción de un nuevo ADN, capaz de producir esta clase de proteínas, abriendo la posibilidad para la creación de organismos transgénicos que produzcan proteínas específicas que tengan un valor social y comercial. La posibilidad de generar organismos con nuevas propiedades permitirá el surgimiento de una industria biotecnológica concentrada específicamente en la producción masiva de una gran cantidad de moléculas y en particular de proteínas recombinantes, muchas de ellas humanas, que antes no era posible producir en grandes cantidades y que actualmente están teniendo un impacto importante en el sector salud, pero también están siendo empleadas en el sector agropecuario y de la industria.

Cuadro 3.2

⁷³ El desciframiento del genoma humano, como hemos señalado, ha permitido identificar muchos polimorfismos genéticos, que son responsables de la individualidad genética de cada ser humano y también de su particular predisposición genética a contraer enfermedades. La detección y el diagnóstico temprano de estas diferencias representa un cambio cualitativo paradigmático en la práctica médica, ya que permitirá a cada individuo diseñar una estrategia de vida, incluyendo el posible tratamiento médico, más adecuada y más individual para contender con sus enfermedades genéticas presentes y futuras.

⁷⁴ La industria químico-farmacéutica ha generado a lo largo de los años, un conjunto muy importante de productos farmacéuticos que se utilizan en el tratamiento de diferentes problemas clínicos. Muchos de estos productos están dirigidos o tienen como blanco una proteína específica, en algún tejido de nuestro organismo. Estas proteínas tienen funciones particulares, dependiendo de su estructura, tales como receptores de moléculas pequeñas o transductores de señales, y permiten el funcionamiento de la célula y del organismo. Ciertamente, el conocimiento del genoma y del proteoma humano, facilitará diseñar nuevas drogas más potentes y específicas contra aquellos blancos proteicos ya conocidos. Sin embargo, este conocimiento también permitirá seleccionar un conjunto más amplio de genes y sus proteínas y RNAs que no se traducen, que pudieran ser blancos específicos de los actuales y de nuevos productos farmacéuticos para el tratamiento más efectivo de muchas enfermedades

⁷⁵ Independientemente del buen uso de los sistemas de diagnóstico que permitan orientar el estilo de vida —conforme al conocimiento de nuestros polimorfismos genéticos y por ello de nuestra predisposición a enfermedades—, habrá siempre individuos que nazcan con enfermedades genéticas complicadas y terribles. De esta realidad surge la posibilidad de la terapia génica, como una estrategia orientada a curar las deficiencias genéticas. Esta metodología implica el introducir una o varias copias de genes normales para sustituir la función de genes ausentes o mutantes en los cromosomas de las células de enfermos, para así curar la enfermedad.

Algunas de las proteínas recombinantes empleadas actualmente en la industria farmacéutica y alimentaria	
Insulina humana	Diabetes
Interferón a	Leucemia
Interferón b	Infecciones bacterianas, cáncer
Interleucina-2	Inmunoterapia contra el cáncer
Hormona del crecimiento humana	Enanismo
Hormona del crecimiento bovina	Producción de leche y carne en ganado
Activador del plasminogéno celular	Infarto agudo en el miocardio
Factor de la necrosis tumoral	Cáncer
Factor VIII-C	Hemofilia
Eritropoyetina	Anemia y falta renal crónica
Factor estimulante de crecimiento de colonia	Efectos de quimioterapia, SIDA
α -amilasa	Tratamiento de textiles
Lipasa	Detergentes
Subtilisina	Detergentes
Superóxido dismutasa	Transplante de riñón
Reninas	Producción de queso
Enfermedad bovina de la boca	Vacuna bovina
Vacuna Hepatitis B	Infección por el virus de la hepatitis B
Vacuna Polio	Infección por el virus de la polio
Anticuerpos de amplio espectro para diagnóstico	Pruebas diversas

Elaboración propia

Se ha planteado la creación de organismos transgénicos capaces de crear las proteínas de interés, ya sean plantas o animales, los dos ejemplos más comunes de ellos son la creación de una

vaca transgénica capaz de producir hormona del crecimiento humana y un cerdo transgénico capaz de producir hemoglobina humana. Para lograr esto ha sido necesario identificar el conjunto de genes que se desean expresar en el organismo modificado. La creación de estos nuevos organismos transgénicos abre la oportunidad de la creación de biofactorías, es decir, organismos vivos que producen ciertas sustancias en específico y que pueden ser empleadas en diferentes sectores, no solo limitándose al sector de la medicina aplicada.

Estas biofactorías podrían venir a sustituir a las industrias encargadas de la producción de ciertas sustancias o proteínas, lo que implicaría que unos cuantos organismos genéticamente modificados podrían venir a sustituir a todo un aparato industrial, uno de los problemas de las biofactorías es que estas siguen siendo muy caras de producir, pero se espera que en un futuro puedan tener una mayor uso.

Sector primario: desarrollo de los cultivos transgénicos en el mundo.

La biotecnología moderna está desarrollando nuevas variedades de plantas y animales con nuevas características y mejoras, en este punto nos concentraremos en la aplicación de la biotecnología en la agricultura.

Dentro de la agricultura las semillas transgénicas es uno de los avances más representativos de la biotecnología agrícola. En un primer nivel las primeras semillas transgénicas empleadas en los cultivos contaban con características que les permitían tener resistencia a herbicidas, plagas, virus y ciertas características que podrían incrementar su calidad y productividad, pero actualmente se están desarrollando nuevos paquetes de semillas transgénicas que permitan a los cultivos tener resistencia a ciertos factores ambientales, que cuenten con características genéticas que les permitan enfrentar el estrés ambiental al que actualmente los cultivos se enfrentan, como las sequías, altos niveles de salinidad en la tierra, etc, este nuevo paquete de semillas está encaminado a buscar una alternativa ante la disminución de la productividad de diferentes cultivos y presentar una alternativa ante los nuevos cambios ambientales que se presentan actualmente.

Cuadro 3.3

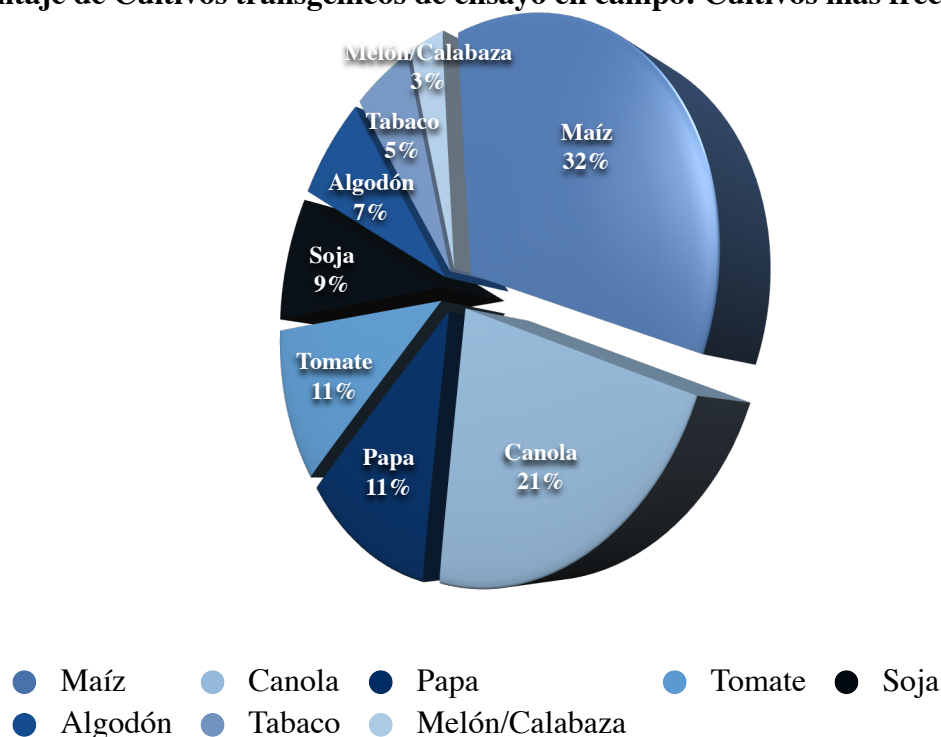
Lista de cultivos transgénicos de ensayo en campos de experimentación 1986-1995					
Nivel elevado de cultivos de ensayo (comercializados o cerca de ser comercializados)		Nivel medio de cultivos de ensayo (desarrollo comercial)		Nivel bajo de cultivos de ensayo (experimental)	
Canola		Alfalfa		Amelanchier laevis	Uva
Algodón		Cantalupo		Manzana	Kiwi
Maíz		Claveles		Arabidopsis thaliana	Lechuga
Melón		Lino		Espárrago	Altramuces
Papa		Arroz		Cebada	Papaya
Soja		Calabaza		Belladona	Chicharo
Tabaco		Remolacha		Abedul	Cacahuete
Tomate		Girasol		Col	Pimienta
				Zanahoria	Petunia
				Coliflor	Ciruelo
				Achicoria	Alamo
				Crisantemos	Frambuesa
				Trébol	Amelanchier
				Arándano	Picea
				Creeping bent grass	Fresa
				Pepino	Caña de azúcar
				Berenjena	Girasol
				Eucalipto	Camote
				Gerbera	Nuez

Fuente: James, Clive 1997 , Global Status of transgenic crops in 1997, ISAAA Briefs No.5

En el cuadro superior podemos observar la lista de cultivos transgénicos de ensayo en campo de experimentación que van del año 1986 al año 1995, dentro de los cultivos transgénicos de ensayo más importantes para este periodo son la canola, algodón, maíz, melón, papa, soja, tabaco y tomate, del grupo anteriormente mencionado los principales cultivos transgénicos que actualmente se están empleando en la producción agrícola son la soja, el algodón y el maíz.

Grafica 3.1

Porcentaje de Cultivos transgénicos de ensayo en campo: Cultivos mas frecuentes



Fuente: James, Clive 1997 , Global Status of transgenic crops in 1997, ISAAA Briefs No.5

Los principales cultivos de ensayos transgénicos más frecuentes durante el periodo de 1986 a 1995 son el maíz (32%), canola(21%), papa(11%), Tomate(11%), soja(9%), algodón (7%), tabaco (5%) y Melón/Calabaza(3%). El total de cultivos de ensayos que se realizaron durante este periodo son 56 y los podemos observar en la tabla superior.

Cuadro 3.4

Total de cultivos de ensayo transgénicos en diferentes países (1986-1995)			
Pais	Total de cultivos de ensayo	Pais	Total de cultivos de ensayo
Estados Unidos	1952	Suecia	18
Canada	486	Costa Rica	17
Francia	253	Dinamarca	16
Reino Unido	133	Nueva Zelanda	15
Holanda	113	Rusia	11
Bélgica	97	Finlandia	10
Argentina	78	Bolivia	6
Italia	69	Portugal	5

China	60	Belice	5
Alemania	49	Guatemala	3
Australia	46	Bulgaria	3
Chile	39	Egipto	2
México	38	Suiza	2
España	30	Tailandia	2
Japón	25	Noruega	1
Sudáfrica	22	Zimbabwe	1
Hungría	22		
Cuba	18		
Total			3647

Fuente: James, Clive 1997 , Global Status of transgenic crops in 1997, ISAAA Briefs No.5

Durante el periodo de 1986 a 1995 fueron 34 los países que iniciaron las pruebas de campo con transgénicos , la primer prueba de campo fue desarrollada por EU y Francia en 1986, se trato de un gen marcador del tabaco, de 1986 a 1995 en numero de pruebas de campo se incremento de 5 a 3,674, durante este periodo, la mayoría de estas pruebas de campo fueron desarrolladas por EU con 1,952 pruebas, seguido de de Canada con 486 pruebas, Francia con 253, El Reino Unido con 133, Holanda con 113, Bélgica con 97, Argentina con 78, Italia con 69, China con 60, Alemania con 49, Australia con 46, Chile con 39 y México con 38, de estos países China fue el primer país en comercializar transgénicos a principios de la década de 1990 al introducir la característica genética de resistencia a un virus, posteriormente el tomate fue el siguiente producto transgénicos que se comercializo con esta característica.

En esta primer etapa de ensayos las características o rasgos que fueron transferidas fueron resistencia a enfermedades y pestes, tolerancia a herbicidas, genes que contribuían a mejorar la calidad de los cultivos y que modificaban las propiedades agronómicas.

En 1996 cuando se hacen las primeras aprobaciones para el empleo y comercialización de cultivos transgénicos. Los principales cultivos transgénicos aprobados para su comercialización en EU en 1996 fueron: Tomate con características para retrasar la maduración⁷⁶ (también fue aprobado en México), Algodón con resistencia a insectos transfiriendo por el gen Bt y resistencia a herbicidas, soja con resistencia a herbicidas (también aprobada en Argentina), maíz con resistencia a herbicidas

⁷⁶ Calgene obtiene la primera aprobación en EU para comercializar el primer producto genéticamente modificado un tomate que retarda su maduración bajo el nombre de "Flavr Savr™"

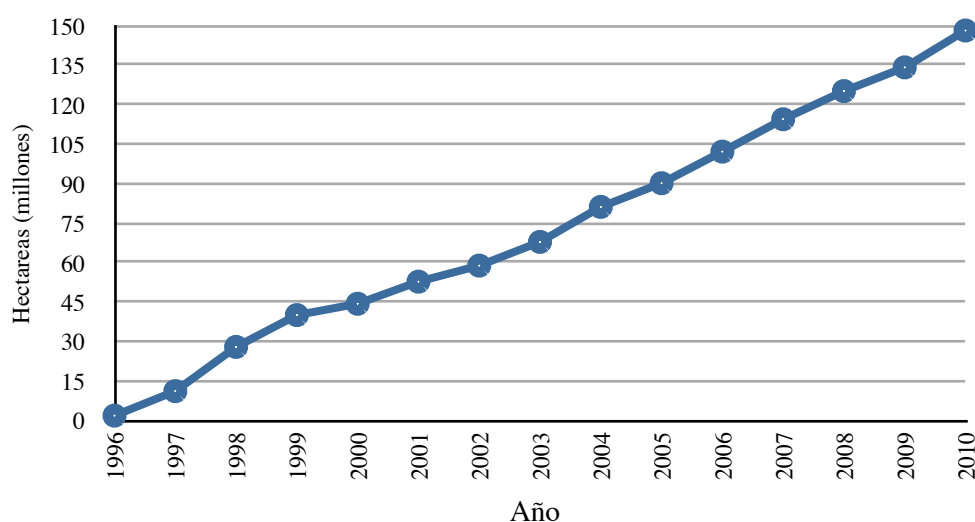
o insectos o esterilidad masculina, canola modificada para cualidades de aceite, papa con resistencia a insectos y calabaza con resistencia a virus.

Superficie global de cultivos transgénicos, los primeros 15 años, 1996 - 2009

Son seis los países que comenzaron a introducir los cultivos transgénicos y su comercialización: EU, Canada, Argentina, China, México y Australia, a estos países se les fueron sumando más, a si mismo países que iniciaron el cultivo de transgénicos con el tiempo dejaron de participar esto debido a distintas causas entre ellas principalmente a restricciones ambientales y efectos no definidos sobre la salud humana, un ejemplo de ello es Francia. Para el 2010 son 29 países que conforman este grupo de países que emplean cultivos transgénicos.

Gráfica 3.2

Superficie global de cultivos transgénicos, los primeros 15 años, 1996 - 2009



Fuente: James, Clive , Global Status of transgenic crops ,ISAAA Briefs,2010

Cuadro 3.5

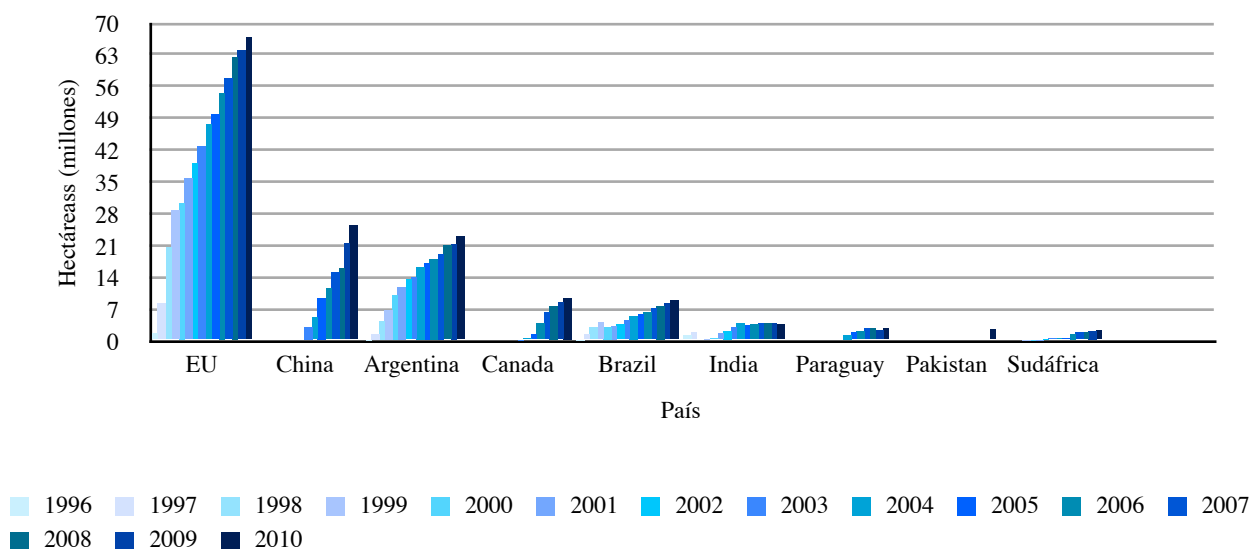
Superficie global de cultivos biotecnológicos, los primeros 15 años, 1996 al 2010	
Año	Hectáreas (millones)
1996	1.7
1997	11.0
1998	27.8

España	--	--	<0.1	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Rumania	--	--	--	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Honduras	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	<0.1
Alemania	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	--	<0.1
Portugal	--	--	--	<1	--	<0.1	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Colombia	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Chile	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
República Checa	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Slovakia	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Costa Rica	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1
Polonia	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Egipto	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1
Suecia	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1
Francia	--	--	<0.1	<1	<0.1	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	--	--	--
Ucrania	--	--	--	<1	--	<0.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Bulgaria	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	--	--	--	--	--	--	--
Iran	--	--	--	--	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	--	--	--	--
Indonesia	--	--	--	--	--	<0.1	<0.1	<0.1	--	--	--	--	--	--	--
Total	2.8	12.8	27.8	39.9	44.2	52.6	58.7	67.7	81	90.0	102.0	114.3	125	134	148

*Mega-Países que incrementaron en 50,000 hectáreas o más 2009-2010
Fuente: Clive James, 2010

Gráfica 3.3

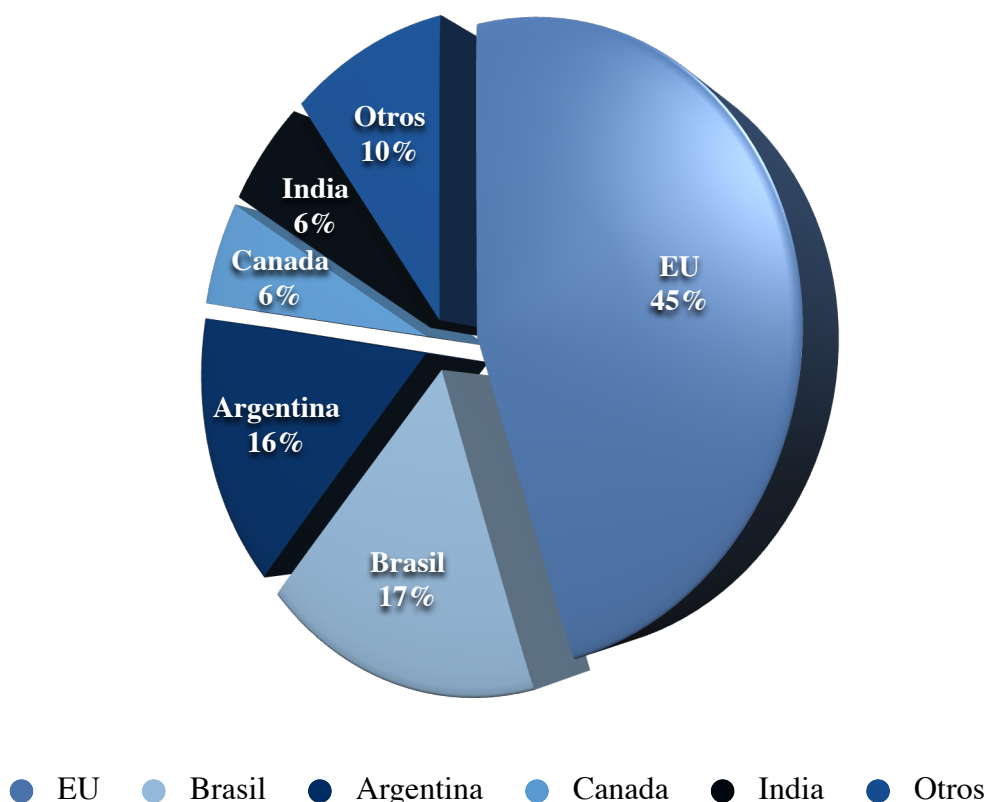
Superficie Global de Cultivos Transgénicos por país Millones de Hectáreas/acres



Fuente: James, Clive , Global Status of transgenic crops ,ISAAA Briefs , 2010

Podemos observar que en el 2010 EU ocupa la primer posición con mayor superficie global de cultivos transgénicos con 66.8 millones de hectáreas, seguido de Brasil con 25.4 millones de hectáreas, Argentina con 22.9 millones, India con 9.4 millones, Canadá 8.8 millones, China 3.5 millones, Paraguay 2.6 millones, Pakistán 2.4 millones, Sudáfrica con 2.2 millones, Uruguay con 1.1 millones, Bolivia con 0.9 millones, Australia con 0.7 millones, Filipinas con 0.5 millones, Myanmar con 0.3 millones, Burkina Faso con 0.3 millones, México y España con 0.1 millones de hectáreas.

Gráfica 3.4
Superficie Global de Cultivos Transgénicos %



Fuente: James, Clive, Global Status of transgenic crops, ISAAA Briefs

EU ocupa el primer lugar dentro de los países con mayor extensión de superficie con cultivos transgénicos u OGM, ocupando el 45% del mercado global en este nivel y con un ingreso de 4.5 millones de dólares, para el 2010 alcanzó el nivel más alto en cuanto superficie cultivada con 66.8 millones de hectáreas de maíz, soya, algodón, canola, remolachas (sugarbeets), alfa, papaya y calabaza todos ellos cultivos transgénicos. Los tres principales cultivos transgénicos en EU son la soya

(93%), el algodón (93%) y el maíz (86%), sin olvidar la importancia que comienza a adquirir cada vez más el cultivo de remolacha(96%) y canola(88%)⁷⁷

Podemos observar en la tabla anterior que antes del 2010 Argentina venía ocupando el segundo lugar desde 1998, pero como ya mencionamos para el 2010 Brasil desplazo a Argentina, a pesar de ello continua encabezando la lista de países con mayor superficie sembrada de cultivos transgénicos a nivel global.

Brasil para el 2010 es el segundo país con mayor superficie cultivada con OGM, se estima que en el 2010 Brasil contó con una superficie de 25.4 millones de hectáreas empleadas en cultivos transgénicos, representando el 17% de la superficie mundial de cultivos transgénicos, las ganancias económicas a nivel agricultura desde el año 2003 al 2009 ascienden a 3.5 millones de dólares y en el 2009 representó 0.9 billones de dólares. de las 25.4 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos en Brasil en el 2010, 17.8 millones de hectáreas fueron destinadas a la siembra de soya transgénica (RRSoybean).El cultivo de maíz ocupó 7.7 millones de hectáreas, mientras que el cultivo de algodón ocupó 250,000 hectáreas.⁷⁸

Argentina es uno de los seis países fundadores del uso de cultivos transgénicos comerciales⁷⁹, comercializando desde 1996 RRsoybeen and Algodón Bt (Bt algodón), durante 13 años ocupó el segundo lugar como país con cultivos transgénicos. De las 22.9 millones de hectáreas de cultivos transgénicos (15% de la superficie mundial cultivada con semillas transgénicas) 19.5 millones de hectáreas corresponden a soya transgénica, dicha superficie equivale al 100% de la superficie cultivada de soya, la superficie cultivada con maíz híbrido transgénico ocupa aproximadamente 3.0 millones de hectáreas, de las cuales 1.8 millones(60%) de hectáreas fueron cultivadas con maíz transgénico Bt/Ht maíz, 900,000 (30%)hectáreas fueron sembradas con el Producto Bt y 300,000(10%)

⁷⁷ James, Clive. 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. ISAAA Brief No. 42. ISAAA: Ithaca, NY.

⁷⁸ James, Clive. 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. ISAAA Brief No. 42. ISAAA: Ithaca, NY.

⁷⁹ En Argentina los transgénicos han acarreado una explosiva ampliación de la agricultura de contrato, basada en la siembra directa y el uso intensivo de agroquímicos. Ello ha estado asociado a un aumento del grado de concentración económica en favor de un pequeño elenco de grandes empresas transnacionales, entre ellas Monsanto, Pioneer Hi-Bred, Novartis y Nidera. Al mismo tiempo, han perdido terreno las iniciativas internas de modernización tecnológica encaminadas a elevar la productividad, mejoras que hasta fechas recientes eran difundidas como bien público por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Frente a ello, gana importancia el cambio tecnológico proveniente de fuentes externas, asociado a derechos de propiedad intelectual controlados por compañías extranjeras.

hectáreas con maíz tolerante al herbicida, en cuanto al algodón la superficie cultivada para el 2010 fue de 400,000 hectáreas, de las 400,00 hectáreas 375,000 correspondieron a cultivos transgénicos, de los cuales 275,000 hectáreas fueron cultivadas con Bt/HT stacked product, al rededor de 60,000 con algodón tolerante al herbicida (HT) y 40,000 con algodón Bt, las restantes 25,000 hectáreas ocuparon algodón convencional ⁸⁰

México se ubica en la posición 16 y como ya mencionamos fue uno de los seis países que iniciaron el uso y comercialización de cultivos transgénicos, fundamentalmente de tomate y algodón. Para el 2010 Mexico sembró 58,000 hectáreas de algodón transgénico, que equivalió al 73% de las 80,000 hectáreas de la superficie nacional sembrada con algodón, 13,000 hectáreas fueron sembradas con RRRsoybean (soja), lo que significo un total de 71,000 hectáreas de cultivos transgénicos.

Podemos observar que de los 17 países con mayor superficie sembrada 9 pertenecen al continente Americano con 128.6 millones de hectáreas representando el 87% a nivel global y si consideramos los demás países incluidos en la lista de países, America concentra alrededor del 90% de la superficie global con cultivos transgénicos.

También podemos observar en la tabla que hay países que para el 2010 o para años anteriores no existen datos de superficies sembradas (Francia, Ucrania, Iran, Bulgaria e Indonesia), esto puede deberse a que en algunos de ellos se dejaron de hacerlo un ejemplo de ello es Francia debido a regulaciones ambientales que impiden el cultivo de semillas transgénicas, en el caso de Alemania en el 2009 se dejo de sembrar cultivos transgénicos debido a que se hizo una petición para hacer investigaciones sobre el impacto ambiental del empleo de cultivos transgénicos, pero para el 2010 reinicio a emplear esta tecnología alcanzando una superficie no mayor a los 0.1 millones de hectáreas.

Superficie sembrada en países desarrollados y países en desarrollo

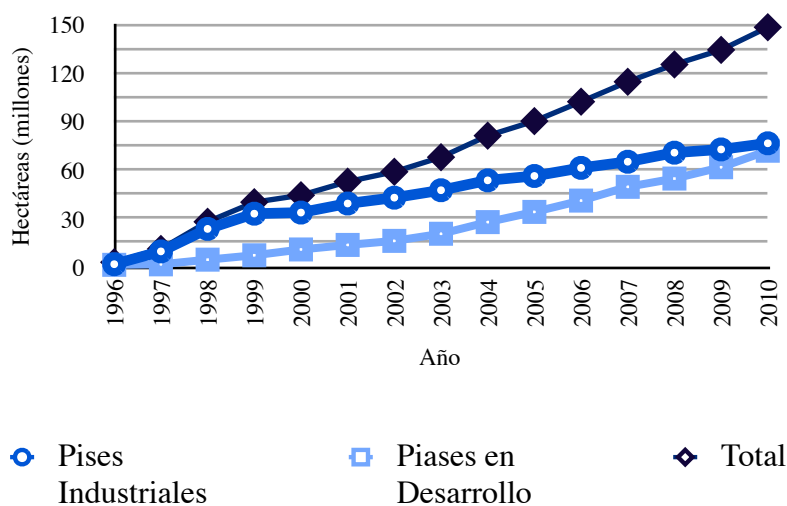
En cuanto a la superficie sembrada en países desarrollados y países en desarrollo podemos observar la evolución que ha tenido la superficie sembrada en cada uno de los dos grupos durante el periodo que va de 1996 al 2010, los cultivos transgénicos continúan incrementando su superficie en los paí-

⁸⁰ James, Clive. 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. ISAAA Brief No. 42. ISAAA: Ithaca, NY.

ses desarrollados para el 2010, pero en proporción menor en comparación con los países en desarrollo ya que este último grupo ha tenido un crecimiento constante cada año, ocupando cada año un porcentaje mayor del total de la superficie cultivada con transgénicos, en 1997 representaban el 14%, en 1998 el 16%, en 1999 el 18%, en el 2000 el 24%, en el 2001 el 26%, en el 2002 el 27%, en el 2003 el 30%, en el 2004 el 34%, en el 2005 el 38%, en el 2006 el 40%, en el 2007 43%, en el 2008 el 44%, en el 2009 el 46% y en el 2010 el 48% de la superficie global, lo que equivale a que casi la mitad de los cultivos transgénicos en el mundo se encuentra en 19 países en desarrollo con una superficie de 71.7 millones de hectáreas, mientras los países industrializados cuentan con 76.3 millones de hectáreas representando el 52% de la superficie total de cultivos transgénicos, cabe señalar que EU cuenta con 66.8 millones de hectáreas representando el 46% de la superficie total de cultivos transgénicos y por ende ocupa y domina la mayor superficie de cultivos transgénicos dentro del grupo de los países industrializados, los tres primeros países con superficie sembrada con cultivos transgénicos representan el 78% ; EU, Brasil y Argentina con 46%, 17% y 16% respectivamente.

Gráfica 3.5

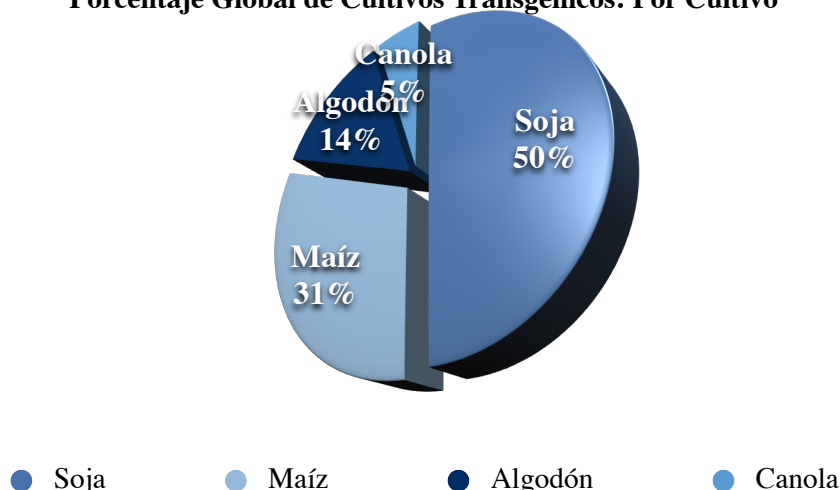
Superficie Global de Cultivos Transgénicos: Países industriales y países en desarrollo



Fuente: James, Clive , Global Status of transgenic crops ,ISAAA Briefs

Los principales cultivos transgénicos son la soja, el algodón, el maíz y la canola y son los que cuentan con mayor seguimiento estadístico por ser los más representativos⁸¹, la soja modificada genéticamente cuenta con 73.3 millones de hectáreas de superficie global representando el 50%, seguido del maíz con 46 millones de hectáreas representando el 46%, mientras que el algodón y la canola genéticamente modificada cuentan con una superficie global de 21 y 7 millones de hectáreas, representando el 14% y 5% respectivamente.

Gráfica 3.6
Porcentaje Global de Cultivos Transgénicos: Por Cultivo



Fuente: James, Clive , Global Status of transgenic crops ,ISAAA Briefs

Las semillas transgénicas han sido modificadas para ser tolerantes a herbicidas, resistentes a pestes (virus, bacterias, hongos)⁸², resistencia a situaciones de estrés ambiental (heladas, sequías,

⁸¹ Existen más cultivos transgénicos pero la información estadística no está disponible, ejemplo de más cultivos transgénicos son el tabaco, la remolacha, el alfalfa, papaya, arroz, tomate, papa, calabaza, papaya por mencionar algunos.

⁸² 1) Tolerantes a herbicidas: Circulan en el mercado semillas de soja, maíz, algodón y colza tolerantes al glifosato, herbicida conocido comercialmente como Roundup Ready o RR, que se emplea en el período que antecede y en el que sigue a la aparición de las malezas. Normalmente, las semillas RR son dos veces más tolerantes al glifosato que las semillas convencionales. Hay también algodón transgénico resistente al bromoxinil, y maíz y colza tolerantes al glufosinato de amonio, variedades conocidas comercialmente como maíz y colza Liberty Link o LL.

2) Resistentes a insectos: En 1995 apareció el primer transgénico resistente a insectos, una variedad de papa a cuyo código genético se había agregado la capacidad de producir una toxina proveniente del *Bacillus thuringiensis*. Actualmente existen también semillas de maíz y algodón con igual propiedad, conocidas genéricamente como Bt.

3) Tolerantes a herbicidas y resistentes a insectos: Se trata de semillas de maíz y algodón Bt que, además de sus otras características, son tolerantes a los herbicidas. En ellas se combina la presencia de la toxina del *Bacillus thuringiensis* con la resistencia a un herbicida RR o LL.

4) Resistentes a virus: En el mercado hay ya semillas de papa resistentes a dos tipos de virus que provocan serios daños en el cultivo, y están a punto de aparecer semillas de papa resistentes a otros virus.

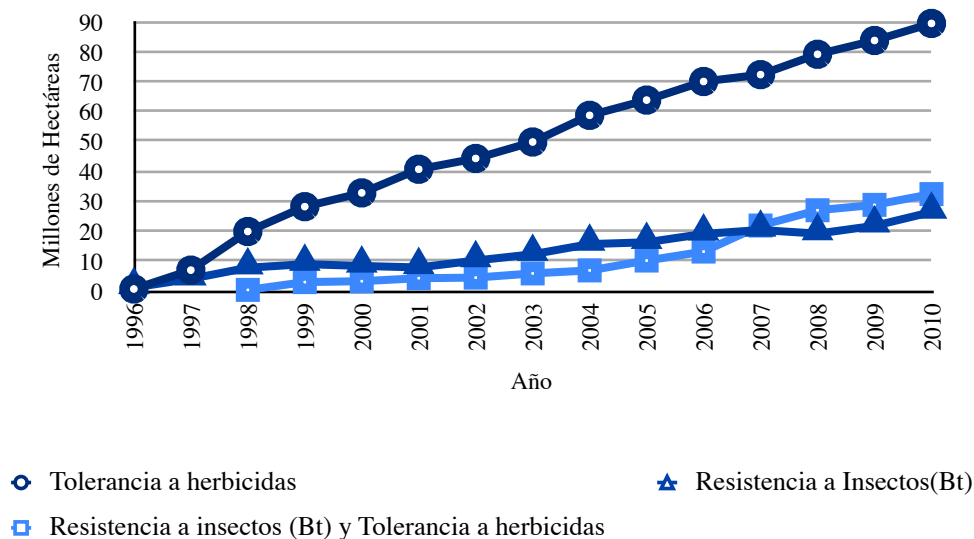
salinidad y altas temperaturas), modificaciones de calidad (sabor, color, componentes nutricionales, etc.) y técnicas para identificar los rasgos que son transferidos a estas semillas transgénicas.⁸³

En la gráfica inferior podemos observar la superficie global de cultivos transgénicos por rasgos o características, esta serie comienza en 1996 y observamos que el rasgo que se ha empleado con mayor intensidad hasta el 2010 es la Tolerancia de Herbicidas, en cuanto a la Resistencia a Insectos (Bt) dejó de ocupar la segunda posición, que la ocupó las semillas con que combinan ambas características (Tolerancia a Herbicidas y Resistencia a Insectos).

Para el 2010 los cultivos transgénicos sembrados con el rasgo de tolerancia a herbicidas alcanzó 89.3 millones de hectáreas de la superficie global que emplean cultivos transgénicos representando el 61%, en cuanto a los cultivos transgénicos sembrados con el rasgo combinado (tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos) alcanzó 32.3 millones de hectáreas de la superficie global que emplean cultivos transgénicos representando el 22%, por último, los cultivos transgénicos sembrados con el rasgo resistencia a insectos alcanzó 26.3 millones de hectáreas de la superficie global que emplea cultivos transgénicos representando el 17%.

Gráfica 3.7

Superficie Global de cultivos transgénicos: por rasgo o característica (millones de hectáreas)



Fuente: James, Clive, Global Status of transgenic crops, ISAAA Briefs

⁸³ El ejemplo de estas técnicas es el empleo de marcadores químicos, que son esenciales para los programas y ensayos de desarrollo de estas nuevas semillas, este tipo de técnicas es empleado en los laboratorios y no tiene un valor comercial para los agricultores.

Principales compañías de semilla en el mundo.

Para el 2009 las 10 principales compañías de semillas del mundo concentraban el 73% de la participación del mercado en la venta de semillas, compañías como Monsanto, Dupont y Syngenta tienen una larga trayectoria en este mercado y siguen ocupando los primeros lugares de compañías de semillas a nivel mundial, a pesar de que en la tabla inferior no se trata de las semillas transgénicas en específico, muchas de estas empresas trabajan con una gran variedad de semillas transgénicas que cuentan con las características o rasgos mencionados anteriormente. Las semillas que comercializan estas empresas se encuentran patentadas lo que les permite tener un mayor control en el mercado de semillas.

Cuadro 3.8

Las 10 principales compañías de semillas del mundo			
Compañía	País	Ingresos por ventas de semillas 2009 (millones de dólares)	Participación de Mercado (%)
Monsanto	EUA	7,297	27
DuPont (Pioneer)	EUA	4,641	17
Syngenta	Suiza	2,564	9
Groupe Limagrain	Francia	1,252	5
Land O'Lakes /Winfield Solutions	EUA	1,100	4
KWS AG	Alemania	997	4
Bayer Crop Science	Alemania	700	3
Doe AgroSciences	EUA	635	2
Sakata	Japón	491	2
DLF-Trifolium A/S	Dinamarca	391	1
Total de las 10 primeras		20,062	73

Fuente: Grupo ETC comunicado 107, "Quién controla la economía verde", Noviembre, 2011

Industria:

La biotecnología en el sector industrial está siendo empleada actualmente para la producción de químicos y biomateriales, por ejemplo, en la industria de los biocombustibles, en la industria química.

ca para la producción de enzimas, solventes, aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas, antibióticos y biopolímeros.

Actualmente el biomaterial más importante son los bioplásticos que se producen gracias a los biopolímeros, algunos de estos bioplásticos a diferencia de otros tipos de plásticos son biodegradables, en la siguiente tabla podemos observar algunos ejemplos de la capacidad instalada para la producción de biopolímeros en uso o en desarrollo.

Cuadro 3.9

Ejemplos de capacidad instalada para la producción de biopolímeros			
País	Tipo de polímero (clase)	Capacidad (toneladas métricas)	Fecha de lanzamiento
EU	Poliéster (PLA) ¹	140,000	2002
EU	Poliuretanos (PDO) ²	45,000	2006
EU	Poliéster (PHB) ³	50,000	2008
Italia	Polímeros de almidón	60,000	2008
China	Poliéster (PHB) ³	10,000	2009
Brasil	Poliéster	350,000	2011
Francia	Poliéster (PBS) ⁴	Desconocido	2011
1) Poliacido Láctico o fibra PLA (por las iniciales en inglés de polylactic acid) 2) Polidioxanona 3) Polihidroxibutirato 4) Polibutileno succinato Fuente OECD			

Algunas otras aplicaciones industriales de la biotecnología son la producción de enzimas empleadas para la producción de químicos, empleadas para aplicaciones industriales de alimentos y pienso de ganado, detergentes, textiles, pulpa, producción de papel y extracción de recursos naturales.

Dentro de las aplicaciones de la biotecnología también podemos ubicar las que están dirigidas a resolver problemas ambientales, permitiendo reparar ecosistemas, dos de las principales aplicaciones son la biorremediación y los biosensores.

Biorremediación: “emplea micro organismos para reducir, eliminar, contener o transformar en benignos los productos contaminantes que se encuentran en el suelo, en los sedimentos, en el agua o en el aire (Department of Energy de EU, DOE 2003).

Biocensores: “son dispositivos que emplean un agente biológico (como una encima, antibiótico, organelo o toda una célula) para detectar o medir los niveles de un componente químico (FAO).

La biotecnología aplicada en la extracción de recursos naturales puede ser empleada en la minería y para aumentar la recuperación de petróleo, uno de los ejemplos de aplicaciones de biotecnología en la extracción de recursos naturales es la Bio-oxidación y otras técnicas de biominería, que emplean bacterias para obtener el mineral que se desea. En cuanto a la aplicación para la recuperación de petróleo se emplean microorganismos para incrementar la cantidad de petróleo que se puede extraer de los pozos petroleros

Las biorefinerías es otra aplicación de la biotecnología en la industria, a comparación de las refinerías de petróleo, las biorefinerías emplean materias primas, ya que cuentan con el equipamiento para transformar biomasa en biocombustibles, energía y químicos.

Actualmente la producción de biocombustibles no cuenta con una base de datos pero se sabe que existen un número considerado de biorrefinerías en uso, para el 2009 tan solo en EU ya existían 172 biorefinerías de etanol operando en EU con una capacidad anual 40.1 billones de litros (Renewable Fuels Association, RFA,2009).

Es importante reconocer que para la producción de biocombustibles se están empleando cultivos de maíz, soja y trigo. Actualmente se están desarrollando investigaciones para modificar las características genéticas de algunas de las semillas de estas tres variedades de cultivos para que así puedan tener un mejor aprovechamiento por parte de la industria de biocombustibles.⁸⁴ Algunas variedades de árboles y pasto están siendo investigadas para ver la posibilidad de que sean empleados para la producción de biocombustibles⁸⁵, otro ejemplo es el de India que esta empleando *Jatropha* y el de China que esta empleando sorgo dulce como materias primas potenciales de producción de biocombustibles.

⁸⁴ Actualmente existe una controversia con respecto al empleo de cultivos que pueden ser empleado para producción de granos de consumo humano o la producción de granos para la obtención de biocombustible.

⁸⁵ Uno de los retos técnicos mas importantes es remover la lignina de la biomasa para liberar la celulosa y la hemicelulosa para la fermentación de etanol.

Cuadro 3.10

Lasa 10 principales compañías de la industria química			
Compañía	País	Ventas Químicas 2009 (Millones de Dólares)	% Respecto a las ventas globales totales
BASF	Alemania	54,817	7.8
Dow Chemical	EUA	44,875	6.4
Sinopec	China	31,312	4.4
Ineos Group	Reino Unido	28,600	4.1
ExxonMobil	EUA	26,847	3.8
DuPont	EUA	25,960	3.7
Formosa Plastics Group	Taiwan	25,437	3.6
Royal Dutch/Shell	Holanda	24,437	3.5
SABIC	Arabia Saudita	23,096	3.3
Total	Francia	20,521	2.9
Ventas globales de las 50 primeras empresas del mundo 2009		697,000	43.5

Fuente: Grupo ETC comunicado 107, "Quién controla la economía verde", Noviembre, 2011

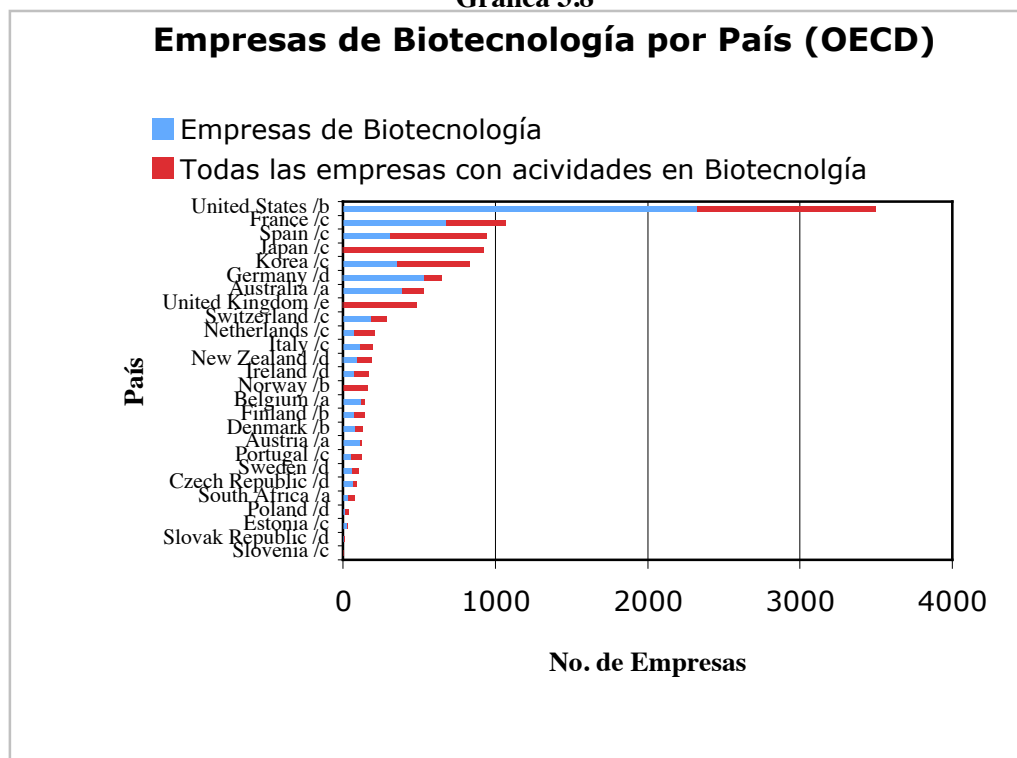
En la tabla superior podemos observar las principales compañías de la industria química muchas de ellas son grandes multinacionales petroleras como Sinopec, Exxon Mobil, Royal Dutch/Shell que actualmente también están realizando inversiones e investigaciones en el desarrollo de biocombustibles, de esta manera podemos observar de que forma las grandes empresas multinacionales están continuamente interesadas en el desarrollo de biocombustibles, lamentablemente no se cuenta con estadísticas claras que puedan ayudarnos a hacer un mejor análisis de como este sector se está moviendo y hacia donde va. Pero queda claro que todas estas empresas de la industria química están interesadas en desarrollar el posible nuevo paradigma tecnoeconómico aprovechando las ventajas que puede ofrecer el empleo de biotecnología, esperando que en un futuro puede rejuvenecer su industria.

Empresas de biotecnología y empresas con actividades en biotecnología

El número de empresas de biotecnología es uno de los indicadores más representativos para observar el despliegue de este paradigma, no es específicamente de empresas biotecnológicas, sino, que tam-

bién toma en cuenta empresas dedicadas a la I&D de biotecnología o empresas que producen o comercializan productos derivados de la biotecnología.

Gráfica 3.8



Fuente: OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011

Notas: a/ 2006, b/ 2007, c/ 2008, d/ 2009, e/ 2010

Empresas con Actividades en Biotecnología: una empresa que utiliza la biotecnología para producir bienes o servicios y / o para realizar I + D biotecnológica. Estas empresas son captados por las encuestas a empresas de biotecnología.

Empresas de Biotecnología: una empresa de biotecnología, cuya principal actividad consiste en la aplicación de las técnicas de la biotecnología para producir bienes o servicios y / o para realizar I + D biotecnológica. Estas empresas son captados por las encuestas a empresas de biotecnología.

Estados Unidos es líder a nivel mundial en el desarrollo de empresas con actividades en biotecnología con un total de 3 492 empresas, seguido de Francia y España con 1067 y 942 correspondientemente, Japón, Corea, Alemania y Australia son países que también cuentan con una importante presencia de empresas con actividades en biotecnología. China no aparece las recientes estadísticas elaboradas por la OECD, pero en el informe del 2006, China (Shanghai) contaba con 158 empresas con actividad en biotecnología para el año 2003.⁸⁶

⁸⁶ OECD, Biotechnology Statistics, 2006

Cuadro 3.11

Porcentaje de empresas de biotecnología por sector en cada país					
	Salud	Productos Primarios	Industria	Bioinformática	Otros
Nueva Zelanda /d	29	21	36	8	6
Corea /c	31	3	44	5	17
Sudáfrica /a	39	41	10	1	9
Alemania /d	46	5	9	4	36
Estonia /c	46	12	15	23	4
Australia /a	48	17	21	9	5
Bélgica /a	53	11	28	7	1
Canadá /a	58	24	15	1	2
Polonia /d	63	19	6	6	6
Austria /a	80	4	13	3	0
Reino Unido /e	80	N/A	12	8	N/A

Notas: a/ 2006, b/2007, c/2008, d/2009, e/2010

La información es de empresas de biotecnología, a excepción de las empresas de Corea y Estonia

Fuente: OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011

De las empresas de biotecnología en los países analizados el sector salud es el que cuenta con un mayor porcentaje, seguido del sector de productos primarios y por último el sector industrial, solo observamos que en el caso de Sudáfrica el sector más importante es el de productos primarios con 41% del total de las empresas de biotecnología, para el caso de Nueva Zelanda y Corea, el sector más importante es el industrial con 36 y 44 por ciento respectivamente. En Estados Unidos, en el 2001 el 65% de las empresas de biotecnología se dedicaban al sector salud, 12% correspondía al sector de productos primarios y 12% al sector industrial.⁸⁷

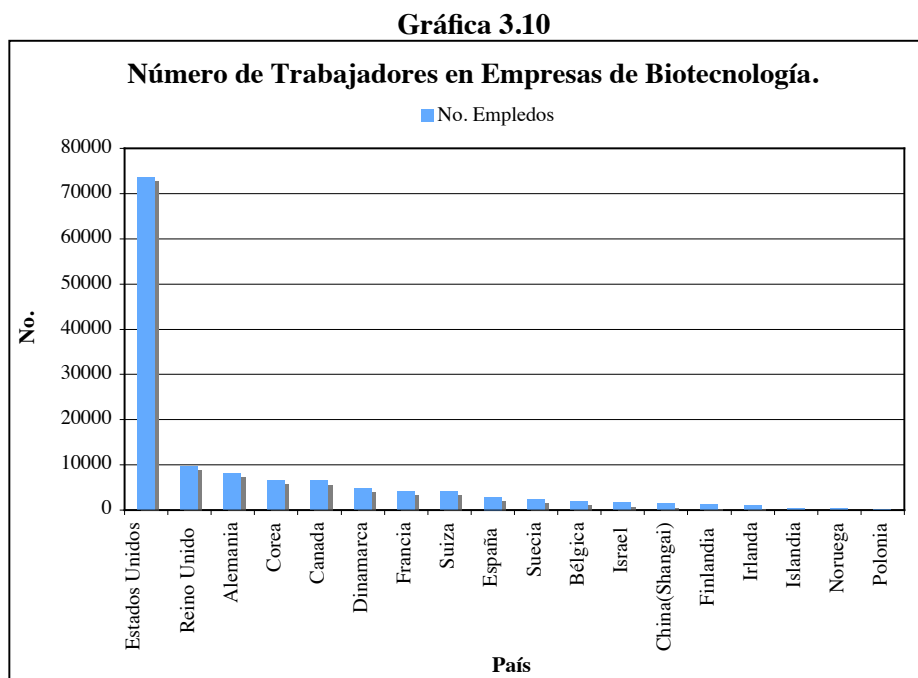
Empleos generados por la biotecnología.

Debido a que la biotecnología se presenta como un nuevo paradigma, el grado de conocimiento científico y técnico de la fuerza laboral debe de ser muy elevado, esto no solo ha sucedido con la biotecnología, esto sucede siempre que aparece un nuevo paradigma, puesto que el surgimiento de nuevos avances científicos-tecnológicos traen consigo una serie de retos técnico-científicos para ser

⁸⁷ OECD, Biotechnology Statistics, 2006

asimilada por la sociedad y sobre todo por la fuerza de trabajo que se dedicará a este sector. Con el paso del tiempo y cuando este paradigma se imponga como el nuevo paradigma, el número de fuerza de trabajo ocupada en sectores involucrados con la biotecnología ira aumentando, recordemos que es en el periodo de maduración del viejo paradigma y periodo de irrupción del nuevo, cuando se presenta mayor resistencia, cuando se presentan generación y destrucción de empleos por el cambio estructural que comienza a sufrir la economía, pero no es hasta la fase de sinergia cuando se alcanza la mayor tasa de empleo, no solo de ocupación en el sector destinado a la biotecnología sino también en otros sectores.

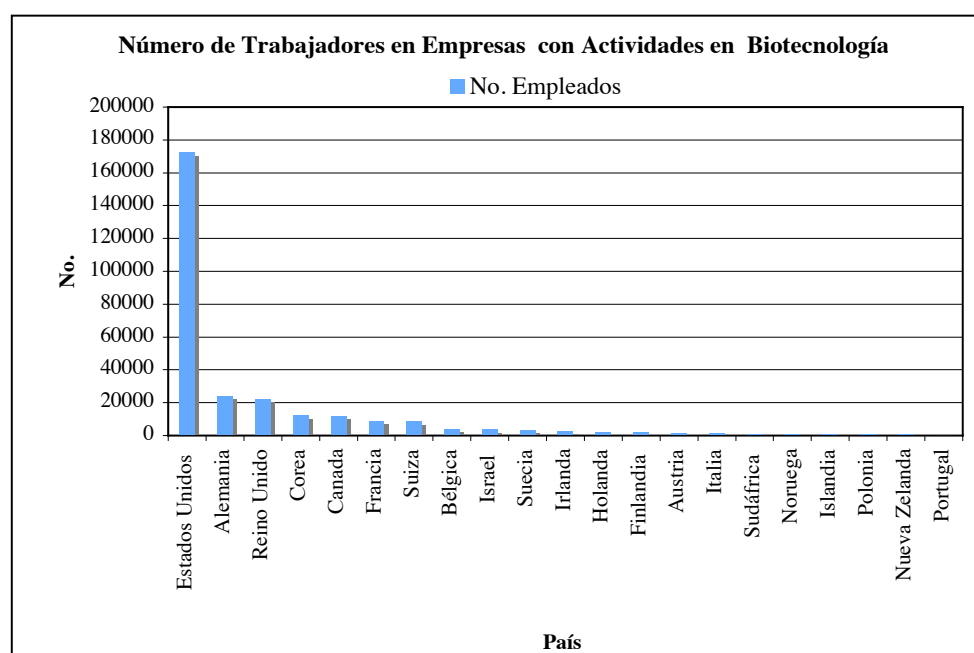
Actualmente el campo laboral de la industria biotecnológica está dominado en su mayoría por investigadores, científicos y personal técnico altamente calificado en esta área, se necesita de varios años, para que la sociedad consiga asumir este nuevo entramado de conocimiento y técnicas y se convierta en un conocimiento que pueda ser más flexible, permitiendo convertirlo en un conocimiento genérico, capaz de ser aprovechado por un mayor porcentaje de personas, que permita generar más empleos dadas las condiciones que exija la demanda de la industria Biotecnológica o que las empresas de Biotecnología sigan creciendo, generando más empleos que no estén estrechamente vinculados con la aplicación a nivel científico de la Biotecnología.



Fuente: OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011

En la gráfica superior podemos observar que Estados Unidos se ubica en el primer lugar de población ocupada en empresas de biotecnología con alrededor de 73 500 trabajadores, muy por encima de Reino Unido con 9 644, Alemania con 8 024, Corea con 6 554, Canadá con 6 441 y Dinamarca con 4 781, conformando los cuatro países que tiene mayor número de trabajadores en empresas de biotecnología después de Estados Unidos.

Gráfica 3.11



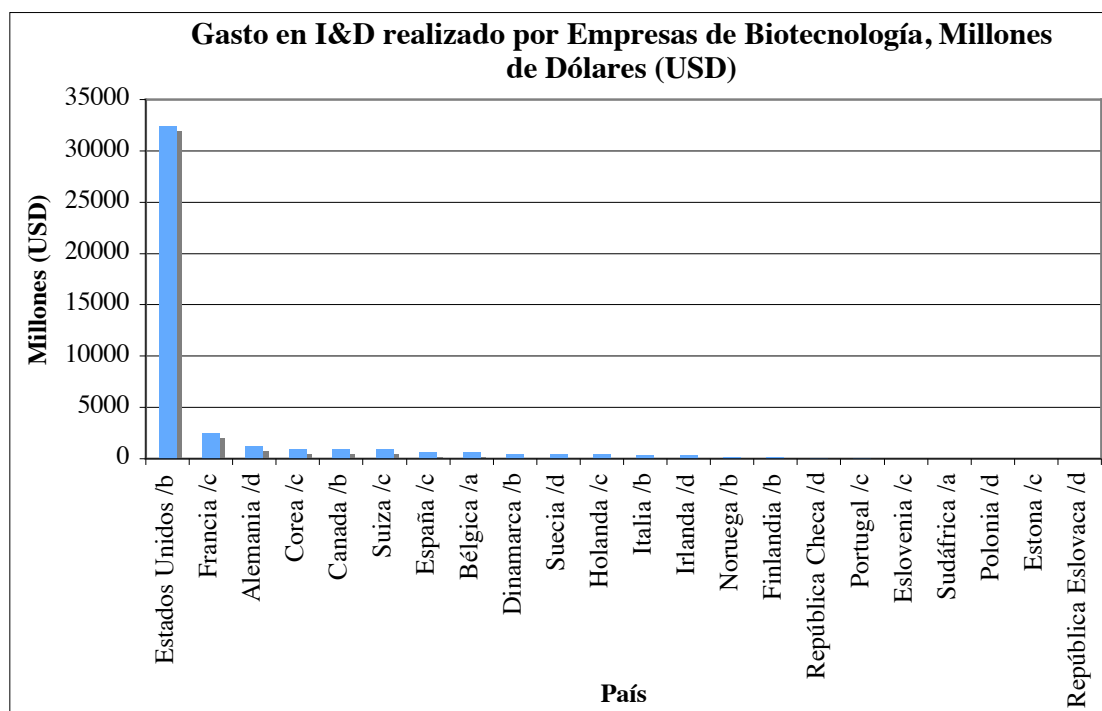
Fuente: OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011

Considerando a las empresas con actividades en biotecnología, Estados Unidos ocupa el primer lugar de trabajadores ocupados con 172 391, seguido de Alemania, Reino Unido, Corea, Canadá y Francia con 24 131, 22 405, 12 138, 11, 863 y 8 922 trabajadores ocupados respectivamente.

Investigación y desarrollo biotecnológico: conformación de tecnopolos y clusters biotecnológicos

Otro aspecto importante es la inversión realizada tanto por el sector privado como el sector público es en el campo de la I&D de biotecnología.

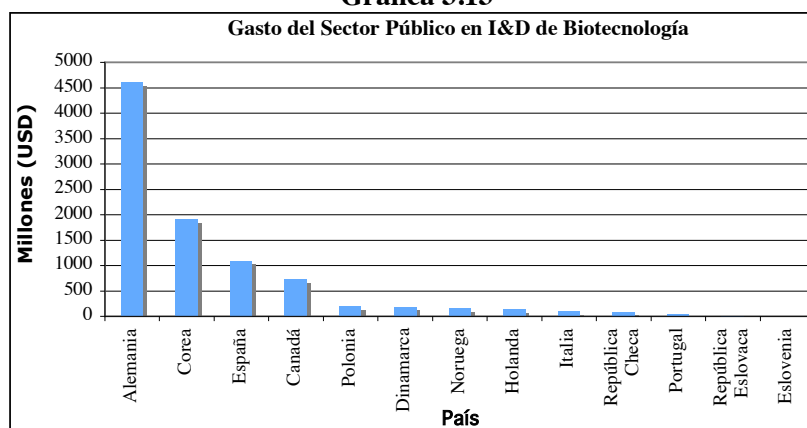
Gráfica 3.12



Fuente: OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011

En la gráfica superior podemos observar que Estados Unidos ocupa el primer lugar en inversión en I&D realizada por empresas biotecnológicas, el monto de inversión asciende a 32 418 millones de Dólares, representando el 76.4% de inversión en I&D Biotecnológico de los 22 países estudiados. Francia, Alemania, Corea y Canadá con el 5.8, 2.9, 2.3, 2.2 por ciento respectivamente. Entre los cinco primeros países conforman el 89.5% de la inversión realizada por Empresas Biotecnológicas.

Gráfica 3.13



Fuente: OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011

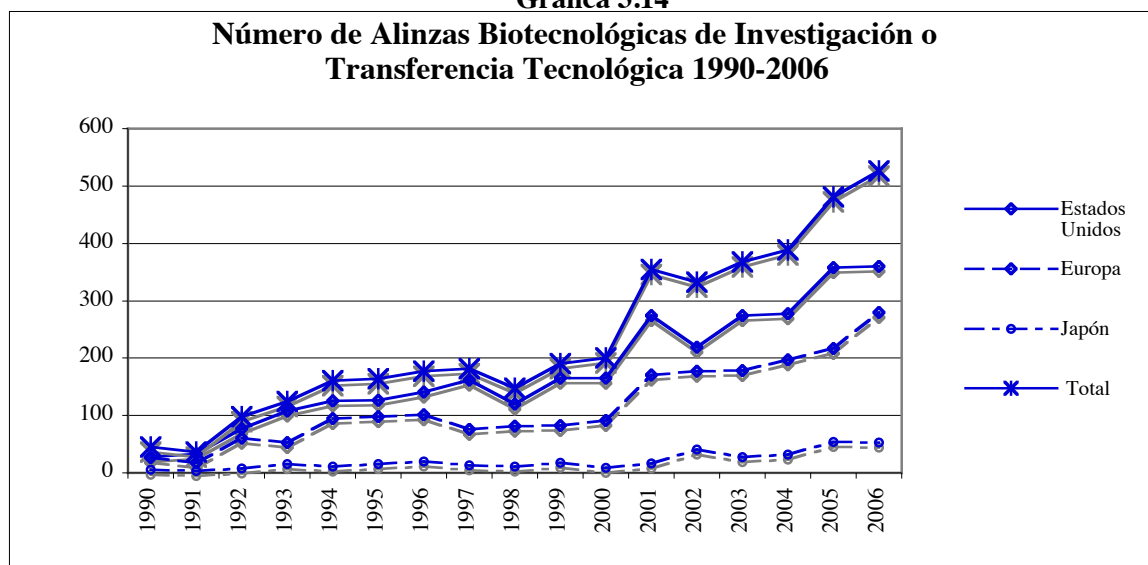
En el caso de las Inversión pública en I&D de Biotecnología, la OCDE sólo cuenta con información para 13 países tomando su información estadística del 2001, en el que no aparece Estados Unidos. Alemania es el país con mayor inversión pública con 4 605 millones de dólares seguido de Corea, España, Canadá, Polonia con 1 908.7, 1 089.6, 724.4, 194.9 millones de dólares respectivamente.

Fusiones y adquisiciones.

En el último cuarto del siglo XXI se comenzó a presentar un incremento en la conformación de clusters, fusiones, alianzas y adquisiciones de pequeñas y medianas empresas por parte de las grandes empresas transnacionales. La finalidad es generar una mayor eficiencia en el aparato productivo de las empresas involucradas, minimizar los costos, minimizar los riesgos de inversión, mejorar la conformación de cadenas de valor y colaborar en el desarrollo productos, servicios e investigación, este último punto puede realizarse mediante transferencias tecnológicas, compartiendo los derechos de patentes y de propiedad intelectual o adquiriendo las pequeñas y medianas empresas dedicadas a la I&D.

La concentración industrial bajo sus diferentes modalidades, permite a las empresas dominar el mercado e imponer restricciones o barreras a la entrada a sus competidores, como ejemplo de ello, podemos observar el caso de las empresas de semillas en el mundo; solo 10 de las principales empresas semilleras a nivel mundial concentran al rededor del 50% del mercado mundial, algunas de estas empresa, también están involucradas en la industria farmacéutica o de producción de agroquímicos, o viceversa.

Gráfica 3.14



Fuente: UNU-MERIT CATI base de datos, Maastricht, the Netherlands, Abril 2009.

Nota: Otros - Alianzas fuera de Estados Unidos, Europa y Japón.

En la gráfica superior podemos observar que el número de alianzas destinadas a la investigación o a la transferencia tecnológica entre empresas biotecnológicas aumento de 45 en 1996 a 526 en el 2006. Estados Unidos es el país con mayor número de alianzas⁸⁸ de empresas biotecnológicas, de las 2 651 alianzas compartidas que se realizaron del 2000 al 2006, el porcentaje de alianzas compartidas que involucraban a empresas de Estados Unidos es del 72.69%, mientras que las alianzas compartidas que involucraban a empresas Europeas era del 49.45%, por último en el caso de Japón el porcentaje de alianzas compartidas que involucraban empresas de este país era del 8.83%.

La gráfica anterior sólo representa alianzas entre empresas, en el siguiente recuadro podemos observar algunos ejemplos de ellas, así como las adquisiciones realizadas por empresas con actividades en biotecnología y el valor estimado que realizó para llevara acabo estos movimientos.

⁸⁸ Las alianzas pueden incluir empresas de dos o más países o regiones, o pueden incluir solo empresas nacionales

Cuadro 3.12

ADQUISICIONES Y ALIANZAS ENTRE CORPORACIONES DEDICADAS A LA BIOTECNOLOGÍA (Miles de millones de dólares)		
Compañía	Corporaciones involucradas	Valor estimado (Miles de Millones USD)
Pharmacia Monsanto y Pharma Upjohn	Adquisiciones: Agrocetus, Asgrow, Calgene, Dekalb, Delta & Pine Land, Holdens, Sementes Agrocetes, Selected International Seeds Operations of Cargill y Plant Breeding International Cambridge (PBIC) Fusión: Con Pharma Upjohn en febrero de 2000	8.6
Syngenta Novartis y Astra Zeneca	Fusión: En 1996 Sandoz y Ciba- Geigy formaron Novartis. En diciembre de 2000 Novartis se fusionó con Astra Zeneca, empresa nacida de la fusión, en 1999, de Zeneca Group y Astra AB	...
Pioneer Hi-Bred/DuPont	Inversión conjunta: Para formar Optimum Quality Products	1.7
DuPont	Adquisición: Protein Technologies Inc. soybean and miller processor	1.5
Aventis (Hoechst y Rhône Poulenc)	Fusión: En 1999 se formó Aventis a partir de Hoechst y Rhône Poulenc. Adquisición: Su subsidiaria AgrEvo adquirió PGS, Sun Seeds y Cargill North American	1.5
Seminis (ELM/Pulsar)	Adquisición: Asgrow, Petoseed, Royal S. Luis, DNAP, Hungong and ChoonAng y Nath Sluis Alianza: LSL Biotechnologies	1.2
Dow Agrosiences Mycogen	Performance Plants, Brazil-Hibrido & Others	0.8
Cargill/Monsanto	Inversión conjunta: Para investigación y desarrollo. 100 millones de dólares anuales cada uno	0.2
Otras	Adquisiciones y alianzas: Crop Genomics	1.5
Total		17

Grandes empresas transnacionales de diferentes sectores industriales principalmente farmacéuticos y químicos han llevado a cabo numerosas adquisiciones y fusiones para favorecer el desarrollo de su aparato productivo biotecnológico, empresas como Monsanto, DuPont, Cargil, Syngenta, por mencionar algunas, se encuentran realizando importantes inversiones de capital y operacio-

nes financieras (venture capital y join venture). Las empresas transnacionales de igual modo ya cotizan en la bolsa de valores principalmente en Estados Unidos.

Cuadro 3.13

Las 10 principales compañías de biotecnología que cotizan al público			
Compañía	País	Ingresos 2009 (Millones de dólares)	Variación en las ventas respecto al 2008 (%)
Amgen	EUA	14,642	-2
Monsanto	EUA	11,724	3
Gilead Sciences	EUA	7,011	31
Genzyme	EUA	4,516	-2
Biogen Idec	EUA	4,377	7
CSL	Australia	3,758	30
Life Technologies (Construida por la fusión de Applied Biosystem e Invitrogen en 2008)	EUA	3,280	102
Shire	Reino Unido	3,107	5
Celgene	EUA	2,690	19
Cephalon (Adquirida por Teva Pharmaceutical Industries en 2011)	EUA	2,192	11

Fuentes: Ernst & Young, Nature Biotechnology en Grupo ETC comunicado 107, “Quien controla la economía verde”, Noviembre, 2011

En la tabla superior podemos observar las 10 principales compañías de biotecnología que cotizan al público de las cuales la mayoría de ellas son empresas transnacionales de EU, ocupando en el primer lugar la Farmaceutica Amgen , en segundo Monsanto empresa dedicada a la agricultura y en tercer lugar Giled Sciences otra farmaceutica. De esta lista de las 10 principales compañías de biotecnología que cotizan al público, Monsanot es la única que no esta dedicada al sector de la salud, las demas son empresas biotecnológicas deidcadas al area medica mediante la elaboración de fármacos, tratamiento o diagnóstico de efermedades, lo que nos hace notar que la biotecnología y sus aplicaciones siguen dominando en el sector de salud.

Tecnopolos Biotecnológicos

Los países desarrollados y en menor medida en algunos países en desarrollo, se han desarrollado los tecnopolos o parques tecnológicos, en los cuales se agrupan un conjunto de empresas básicamente privadas, instituciones públicas y universidades, que tiene como meta la colaboración mutua en ciertos campos de la ciencia, para el desarrollo de aplicaciones industriales y comerciales, así como la generación de nuevos productos y servicios.

Lo anterior encaja en el marco de Sistema Nacional de Innovación, enfoque aplicado por diferentes países, para ayudar a crear los mecanismos apropiados tanto de financiamiento público como privado, que permitan fomentar el desarrollo de nuevas industrias o el rejuvenecimiento de las mismas, vía la introducción de nuevas tecnologías, que se da gracias a la I&D.

Dentro de SNI, es importante la colaboración establecida entre las empresas privadas, el sector público y las universidades, para elevar el flujo de información que permita generar un ambiente de innovación, para la generación de nuevas aplicaciones. El sector público es un factor muy importante dentro del SNI, debido a que en sus manos se encuentran la elaboración de políticas económicas, un marco jurídico e institucional, que permitan el desenvolvimiento de nuevas tecnologías, en este caso el desarrollo de la biotecnología.

La creación de un plan de desarrollo industrial basado en el desarrollo tecnológico, puede representar una ventana de oportunidades para la generación de nuevas ventajas comparativas. La conformación de un SNI, dependerá del grado de cohesión que existe entre los diferentes agentes económicos de un país.

En Estados Unidos podemos localizar estos corredores tecnológicos o clusters tecnológicos (tecnopolos y parques tecnológicos), como el que se ubica en la bahía de San Francisco ⁸⁹ en California (el epicentro no solo de las industrias de la Informática, sino también de la biotecnología), también podemos ubicar en Carolina del Norte, el “Research Trainig Park” ⁹⁰ (RTP por sus siglas en

⁸⁹ El área de San Francisco cuenta con 90 empresas de biotecnología que cotizan en bolsa con una capitalización de mercado agregada de cerca de 82 mil millones dólares. La industria incluye 46 empresas con más de 100 empleados y 114 empresas son miembros de la Asociación Nacional de Biotecnología Industrial (PriceWaterhouseCoopers, 2001).

⁹⁰ Este parque tecnológico o mas bien triángulo tecnológico, fue impulsado por la Duke University, North Carolina State University y la University of North Carolina at Chapell Hill, convirtiendo al flujo de información científica el lazo que une a la región, no solo para la I&D, también para el incubamiento de nuevas empresas. Este triángulo se dedica a los campos de la Biotecnología, las Tecnologías de la Información y las Tecnologías Limpias. www.rtp.org

Inlges), donde se concentran empresas mundiales, instituciones de investigación y oficinas federales, dedicadas al campo de la Biotecnología, las Tecnologías de la Información y las Tecnologías Limpias. Empresas como Syngenta, IBM, Bayer Crop Science, Dupont, GlaxoSmithKline, Monsanto Corporation, son parte de las mas de 170 compañías que conforman el RTP, de las cuales 68 de ellas se dedican específicamente al campo de la Biotecnología / Ciencia de la vida.

Cuadro 3.14

Compañías dedicadas a la Biotecnología concentradas en el RTP	
Biotecnología Agrícola	Bayer CropSciences, Monsanto Corporation, Nufam Americas Inc. y Syngenta Biotechnology Inc
Biotecnología / Ciencia de la vida	Aerie Pharmaceuticals, Inc., AlphaVax, Attagene Inc., Avioq Inc., BASF Corporation Crop Protection, BD Technologies, Biofuels Research Institute, Biogen Idec, BioMedica USA LLC, BioMedomics Inc, bioMONTR, Bioptigen, BioShape Solutions, Centers for Disease Control and Prevention - Center for Health Statistics, Champerone Therapeutics, Cheminova, ChemoGenics BioPharma, CivaTech Oncology, Copernicus Group IRB, Drug Discovery Center of Innovation, Eisai, Inc., Endacea, Inc., ENVI-GEN Pharmaceuticals, Eton Bioscience, Galaxy Diagnostics, Inc., GlaxoSmithKline, Global Vaccines, Howard Associates, LLC, Humacyte, ICON Clinical PLC, Inanovate, Integrated Laboratory Systems, Integrated Oncology Solutions, Inc., Intrexon Corporation, Invitrox, Maverick Biofuels, Inc., Medicago, Merck BioManufacturing Network, MethodSense, NIEHS, National Toxicology Program, Palmetto Biomedical, Pamlico Pharmaceutical, Patheon, PharmaSoftware Solutions, Ridge Diagnostics, Saha Pharmaceuticals, SciKon Innovation, Inc., SCYNEXIS, Inc., Sirga Advanced Biopharma, Southcot, Inc., Stiefel, a GSK company, SureMilk, LLC, Symmetry Biosciences, Inc., Synthon Pharmaceuticals, Talecris Biotherapeutics, Theralogics, Inc., TUNTek, Inc., United States Department of Agriculture Forest Service Southern Research Station, United Therapeutics Corporation, University of North Carolina-Chapel Hill School of Dentistry, Vijaya, ViraSource, Vista Bioconcepts, LLC, Zenalux Biomedical, Zen-Bio, Inc, Zoe Health Care

Fuente: www.rtp.org

A pesar de que Europa cuenta con ciertas limitaciones en cuanto a la aplicación y consumo agrícola de OGM, en el área donde se ha desarrollado más es en la Salud, un ejemplo de tecnopolo

es el Medical Valley en Escandinava⁹¹, que tiene como objetivo, convertirse en la región más importante de Biotecnología (actualmente es uno de los clusters más importantes de Biotecnología en el campo de la Salud), conformado por empresas, instituciones de investigación y universidades, tanto públicas como privadas en los tres niveles, que están involucradas en la conformación de la cadena de valor de la medicina, por lo tanto, también cuenta con empresas e instituciones dedicadas a la incubación de empresas y asesoría empresarial.

⁹¹ www.mva.org

IV. El caso de México y el desarrollo de la biotecnología

La biotecnología en México ha seguido una trayectoria tecnológica de bajo desarrollo, a pesar de ello ya existen actores y agentes económicos “*que han desarrollado capacidades científicas con potencialidad de aplicación tecnológica dentro de lo que se podrían considerar los primeros pasos hacia la conformación de un sistema de innovación en el sector biotecnológico*”⁹², el problema que enfrenta el desarrollo tecnológico de la biotecnología en México es que aún se carece de una participación conjunta que produzca una sinergia entre los diferentes agentes que están impulsando este nuevo paradigma, así como el bajo apoyo que existe por parte del Estado, lo que da cuenta de un Sistema Nacional de Innovación poco desarrollado.

Sistema Nacional de Innovación y la Biotecnología en México.

Como mencionamos en el primer capítulo, la institucionalización de la tecnología a permitido que se desarrollen grandes avances en la I&D tanto en el sector público como en el sector privado, esto gracias a la colaboración entre Empresas, el Estado y las Universidades. Para el caso de México el Sistema Nacional de Innovación en la Biotecnología no ha tenido un gran despliegue, debido a la baja sinergia que existe entre los diferentes agentes que impulsan este desarrollo tecnológico a nivel nacional.

Dentro del papel del Estado en lo que respecta a las Políticas Públicas, el Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACYT) “*ha considerado a la biotecnología como una de las cinco áreas estratégicas de conocimiento dentro del Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) 2001-2006. Y dentro del PECYT 2007-2012 se estableció como uno de los Programas de importancia nacional para el desarrollo del país, así surgió la iniciativa del Programa para el desarrollo de la Bioseguridad y la Biotecnología.*”⁹³ En el PECITI, se reconoce que el desarrollo biotecnológico se ha generado principalmente por centros e instituciones de investigación pública, por lo que es necesario fomentar la articulación y la vinculación entre estos centros de

⁹² Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010

⁹³ Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010

investigación y las empresas, para lograr el desarrollo de tecnología competitiva a nivel internacional, al menos en algunos campos (PECITI 2001-2006), además de fortalecer y ampliar la red de laboratorios de detección de organismos genéticamente modificados de las diferentes instancias gubernamentales y extender los lazos con los laboratorios de las instituciones educativas y de investigación (PECYT 2007-2012).

A pesa de que ya se han dado paso para conformas la coerción y el desarrollo de la biotecnología en el país, las políticas públicas por parte de Estado siguen siendo de baja promoción.

En cuanto las instituciones y organizaciones que mantienen relación y facilitan el desarrollo biotecnológico encontramos a las siguientes:

Cuadro 4.1

Instituciones y organizaciones que mantienen relación y facilitan el desarrollo de Biotecnología
Consejos de Ciencia y Tecnología Estatales
Sociedad Mexicana de Toxicología (SMT)
Sociedad Mexicana de Biotecnología (SMB)
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)
La Academia Mexicana de Ciencias (AMC)
Comisión Intersectorial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM)
Red Mexicana de Bibliotecas Agropecuarias (REMB-BA)
La Sociedad Mexicana de Control Biológico.
El Instituto Nacional de Medicina Genómica (INMEGEN)
Elaboración propia con información de Amaro Rosales , Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010

Respecto al CONACYT, cuenta con los siguientes centros que realizan investigación básica o aplicada relacionada directa o indirectamente con la biotecnología:

Cuadro 4.2

Centros Públicos de Investigación CONACYT relacionados con la Biotecnología	
Áreas	Centro
Ciencias exactas y naturales	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.(CIAD)
	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C (CIBNOR)
	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C (CICESE)
	Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C (CICY)
	Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. (CIMAT)
	Instituto de Ecología A.C. (INECOL)
	Instituto Potosino de Investigación Científica (IPICYT)
	Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC)
Desarrollo Tecnológico	Centro de Tecnología Avanzada A.C. (CIATEQ)
	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDE-SI)
	Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C (CIDETEQ)
	Centro de Investigación en Química Aplicada (CI-QA)
Fuente: CONACYT 2009. http://www.conacyt.mx/centros/index_Centros.html	

Universidades o instituciones de educación superior que realizan investigación en el campo de la biotecnología.

Básicamente son cuatro las instituciones de educación superior que realizan investigación en el campo de la biotecnología, en primer lugar ubicamos a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en segundo lugar al Centro de Investigación de Estudios Avanzados (CINVESTAV), en tercer lugar el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y por ultimo la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

Cuadro 4.3

Universidades o instituciones de educación superior que realizan Investigación en el campo de la Biotecnología.		
Universidad o Institución de educación superior.	Instituto, centro o campus	Departamentos
UNAM	Instituto de Biotecnología (IBT)	Departamento de Biología Molecular de Plantas
		Departamento de Genética del Desarrollo y Fisiología Molecular
		Departamento de Ingeniería Celular y Biocatálisis
		Departamento de Microbiología Molecular.
	Departamento de Medicina Molecular y Bioprocesos.	
	Centro de Ciencias Genómicas	
	Instituto de Bioquímica	
UNAM	Instituto de Biología	
	Facultades de Biología	
	Facultades de Química	
IPN	Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA)	
	Centro de Biotecnología Genómica	
	Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI)	
CINVESTAV	Campus Coahuila, Monterrey, Tamaulipas, Guanajuato ¹ , Jalisco, Querétaro, Zacatenco, Coapa y Yucatán.	
UAM		Departamento de Biología
		Departamento de Biología de la Reproducción
		Departamento de Biotecnología
		Departamento de Ciencia de la Salud
		Departamento de Hidrobiología
		Departamento de Producción Agrícola
		Departamento Bioanimal
		Departamento de Ciencias Naturales
Departamento de Ingeniería llamado Procesos Tecnológicos		

Elaboración propia con información de Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánchez, Mario Alberto en "La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación", CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010.

Notas:

1. Guanajuato desarrolla la investigación más relevante en biotecnología ya que allí se estableció el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO) y que goza de un amplio prestigio por su investigación en líneas como: la ingeniería genética, la biotecnología de plantas y la bioquímica.

Infraestructura para el desarrollo biotecnológico en México.

Como mencionamos en el primer capítulo el desarrollo de infraestructura es uno de los elementos importantes para el desarrollo y despliegue de un paradigma, ésta misma, puede verse apoyado de la infraestructura ya existente en el patrón tecnológico que domina o que domino, en otros caso, es necesario crear nueva infraestructura que soporte el desarrollo del nuevo paradigma, en el caso de la infraestructura biotecnológica en México, esta sigue siendo muy incipiente, conformada en gran parte por laboratorios de universidades públicas, a pesar de ello, estos laboratorios se encuentran bien equipados, aunque el problema que enfrentan es que el equipo empleado en el campo de la biotecnología y ciencias a fines se vuelve obsoleto con mucha rapidez, lo que puede significar un problema serio para la modernización y la competitividad.

Cuadro 4.4

Infraestructura Pública en Biotecnología	
Universidades y Laboratorios Universitarios	Centros Públicos y otros
Instituto de Biotecnología (UNAM)	Hospital Civil de Guadalajara
Centro de Ciencias Genómicas (UNAM)	Instituto Nacional de Salud Pública
Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (CINVESTAV)	Parque de investigación e innovación tecnológica (NL)
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN Unida Querétaro (CINVESTAV)	Centro de Investigaciones Biológicas de Noreste, S.C. (CIBNOR), CONACYT
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato (CINVESTAV)	Productora Nacional de Biológicos Veterinarios (PRONABIVE)
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN Unidad Ciudad de México (CINVESTAV)	Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
Instituto Tecnológico de Celaya (TECELAYA)	PEMEX
Instituto de investigación en biología experimental (Univ.Gto)	Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.	INIFAP
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (UdeG)	IMSS
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y diseño del Estado de Jalisco	ISSTE
Centro de Investigación en Biotecnología (UAEM)	Centro de Capacitación Sanitaria (CECASA)

Centro de Incubación de Empresas y Transferencia Tecnológica (UANL)	Centro de Ciencias de Sinaloa (CCS)
Centro de Biotecnología (ITESM)	Centro de Investigación Científica de Yucatán, S.C. (CICY), CONACYT
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (UABC)	Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID FYMA)
Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), IPN	Centro de Tecnología Avanzada, A.C. (CIATEQ), CONACYT
Facultad de Medicina (FM), UNAM	Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Unidad Michoacán y Unidad Oaxaca (CIDIR), IPN
Facultad de Química (FQ), UNAM	Sociedad Mexicana de Toxicología (SMT)
Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB), UNAM	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), CONACYT
Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), CONACYT
Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), IPN	
Universidad Tecnológica de Tabasco (UTTAB)	
Universidad Tecnológica de Torreón (UTT)	
Universidad Iberoamericana (UIA)	
Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnología Avanzadas (UPIITA) IPN	
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y Xochimilco	

Fuente: elaborado por Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánchez, Mario Alberto en "La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación", CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 con datos de Borderless Biotech & Mexico's Emerging Life Sciences Industry. Crossborder Group Inc. Junio 2007 y PECyT 2001-2006

La biotecnología y sus sectores en México

Actualmente México cuenta con un número limitado de empresas dedicadas a la biotecnología, siendo las grandes transnacionales las que están dominando el desarrollo biotecnológico en el país o empresas mexicanas que dependen de alguna transnacional, cabe mencionar que debido a la baja información existente en cuanto a las empresas de biotecnología en México es difícil diferenciarlas entre Empresas con Actividades en Biotecnología o Empresas de Biotecnología.

Sector salud

En el sector salud, existen muy pocas empresa farmacéuticas nacionales que desarrollen medicamentos con base al uso de la biotecnología, por otro lado las grandes farmacéuticas transnacionales son las que están abarcando el mercado mexicano de fármacos que cuentan con desarrollo biotecnológico o que ocupan alguna técnicas que involucra la biotecnología, lo que hace que el desarrollo biotecnológico en lo que respecta al sector salud este funcionando bajo los patrones impuestos por los países desarrollados y de las grandes transnacionales. Cabe señalar que *“el desarrollo de nuevas moléculas terapéuticas o profilácticas es un proceso muy tardado y costoso, que puede exceder 10 años y 800 millones de dólares, respectivamente. Dado el tamaño del sector farmacéutico nacional en general y el de las empresas farmacéuticas mexicanas en particular, resulta improbable que una compañía mexicana tenga la capacidad financiera para llevar a cabo todo el proceso de desarrollo de un medicamento, desde su descubrimiento hasta la introducción en el mercado.”*⁹⁴

Cuadro 4.5

Grandes empresas con aplicaciones y uso de la Biotecnología en México en el Sector Salud (farmacéutico)	
Pfizer	Farmacéutico
Roche Corp.	Farmacéutico
Merck Sharp & Dome (fusión con Schering Plough en 2009).	Farmacéutico
Bayer de México	Farmacéutico
Grupo Novartis	Farmacéutico
Glaxo Smith Kline	Farmacéutico
Aventis Pharma	Farmacéutico
Novartis Farmacéutica	Farmacéutico
Bristol Myers Squibb	Farmacéutico
Boehringer Ingelheim Promeco	Farmacéutico

Fuente: elaboración por Amaro Rosales , Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 Construido a partir del PECiTI (2001-2006) y Solleiro et.al 2008

⁹⁴ Bolivar, Zapa Francisco G. Compilador y editor. “Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna”,D.D. El Colegio Nacional, Coedición Academia Mexicana de Ciencias; UNAM, Instituto de Biotecnología; CONACyT; CI-BIOGEM pp.407

En el cuadro superior podemos observar las 11 grandes empresas transnacionales con aplicaciones y uso de la Biotecnología en México en el Sector Salud (farmacéutico). Dentro de las farmacéuticas Mexicanas con uso de la Biotecnología encontramos las siguientes empresas:

Cuadro 4.6

Sector salud	
Sector Salud y Farmacéutico	Investigación Aplicada IASA S.A. de C.V (veterinaria)
	DCL. S.A de C.V.
	Laboratorios PISA S.A. de C.V.
	LEMERY S.A. de C.V.
	Instituto Bioclon S.A. de C.V.
	MEXAMA S.A. de C.V.
	Productora Nacional de Biológicos Veterinarios PRONABIVE
	Bios Nova
	VETOQUINOL México (veterinaria)
	BIRMEX
	PROBIOMED S.A de C.V.

Fuente: elaboración por Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánchez, Mario Alberto en "La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación", CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 propia con datos de La Biotecnología en México. Informe elaborado por Trikarty e Hiperion Biotech para Genoma España 2005, RENIECYT 2009, Corona 2006, Solleiro 2008.

De las farmacéuticas mexicanas destacan los casos del Instituto Bioclon S.A.de C.V. y PROBIOMED S.A.de C.V. ganadores del Premio Nacional de Ciencia y Tecnología en México en 2005 y 1999 respectivamente por sus aportes a la Biotecnología en Salud.

PROBIOMED S.A. de C.V. fue de las primeras empresas mexicanas que incursiono en el desarrollo de fármacos empleando Biotecnología moderna incursionando en la producción de proteínas terapéuticas y vacunas recombinantes, siguiendo el camino de mejoramiento y especialización de la tecnología recombinante ya existentes. PROBIOMED también siguió una estrategia desde sus inicios de fuerte vinculación con el sector científicos y académicos del país, particularmente con el instituto de Biotecnología de la UNAM y el centro de Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), también estableció vínculos con investigadores y compañías de otros países. Asimismo, PROBIOMED por ser pionero en la producción de proteínas re-

combinantes terapéuticas en el país tuvo que realizar una intensa labor con autoridades sanitarias nacionales, lo que incluyó capacitación de inspectores y participación de elaboración de normas y reglamentos para la regulación de la producción de biofármacos y biomedicamentos en México, esto se debió a que antes de la existencia de PROBIOMED, todos los medicamentos recombinantes se importaban, por lo tanto no existía la necesidad de regular ni inspeccionar su producción. PROBIOMED también tuvo que trabajar fuertemente para realizar las conexiones necesarias para obtener insumos especializados, prestadores de servicios especializados, y de recursos humanos altamente calificados lo que implicó un enorme reto ya que para aquel entonces existía una baja capacidad al respecto.

Actualmente uno de los problemas graves que enfrenta la producción de productos biofarmacéuticos es la aprobación de patentes que han obtenido las grandes empresas transnacionales, dichas patentes obtenidas se debe a productos que no representan innovaciones sustanciales, sino simplemente versiones modificadas de moléculas conocidas o previamente patentadas.⁹⁵ De igual modo las patentes vigentes o las que se les ha otorgado extensión de vigencia pueden representar una barrera a la entrada para el desarrollo de las empresas biotecnológicas en México.

Sector primario

En el caso del sector agropecuario específicamente la agricultura, son las empresas agroquímicas las que dominan el sector de las semillas transgénicas y agroquímicos.”*La mayor parte de las empresas en México que desarrollan algún tipo de técnica o proceso biotecnológico se concentran en el sector Agropecuario y Agrícola, sobre todo aquellas que tienen que ver con modificaciones a granos, semillas, hortalizas, frutales y con el desarrollo de bioplaguicidas.*”⁹⁶ ocurriendo lo mismo que en el sector salud, que el desarrollo de la biotecnología aplicado a la agricultura quede dominado por los patrones tecnológicos y los intereses de los países desarrollados y las empresas transnacionales.

⁹⁵ Bolívar, Zapa Francisco G. Copilador y editor. “Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna”, D.D. El Colegio Nacional, Coedición Academia Mexicana de Ciencias; UNAM, Instituto de Biotecnología; CONACyT; CI-BIOGEM

⁹⁶ Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánchez, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 pp1243

Cuadro 4.7

Grandes empresas con aplicaciones y uso de la Biotecnología en México en el Sector Primario (Agricultura)	
Seminis ¹ (Monsanto)	Frutas y Hortalizas
DuPont Pioneer	Agrícola y Producción de semillas
Dow Agrosience	Producción y venta de agroquímicos

Fuente: elaboración por Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánchez, Mario Alberto en "La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación", CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010. Construido a partir del PECiTI (2001-2006) y Solleiro et.al 2008

Notas:

1. Seminis en 2005 se convierte en subsidiaria exclusiva de Monsanto

Básicamente son tres las empresas transnacionales que dominan el mercado de semillas transgénicas y agroquímicos: Monsanto, Du Pont Pioneer y Dow Agrosience, las tres son grandes transnacionales que desde el inicio de la carrera por desarrollo de semillas transgénicas y sus paquetes tecnológicos han participado activamente.

También podemos ubicar las siguientes empresas mexicanas que participan en este sector:

Cuadro 4.8

Sector primario			
Agropecuario	Agrobiológicos de Sinaloa, S. A. de C. V. (AGROBIONSA).		
	GRUPO SAVIA(Savia, S. A de C.V.)		
Agrícola	Agrobiológicos del Noroeste S.A de C.V. (AGROBIONSA)	GEN Agrocultivos	BUCKMAN LABORATORIOS (filial de transnacional)
	AGRAQUEST DE MEXICO, S.A DE C.V.	Grupo Bioquímico Mexicano S.A.de C.V.	GRUPO AGRÍCOLA "JOEL" S.P.R. DE R.L. DE C.V.
	BIOFABRICA SIGLO XXI S.A DE C.V.	Grupo Biotecnológico MARSAN S.A. de C.V.	Investigación Aplicada, S.A. de C.V. (IASA)
	AGROMOD S.A. de C.V.	INVERNAMEX S.A. de C.V	Empresas La Moderna, división de Agrobiotecnología
	Biogenética Mexicana S.A.de C.V	KOPPERT México S.A. de C.V.	Evergreen Invernadero

	BIOEXTRACTO S.A de C.V.	Laboratorios Agroenzymas S.A. de C.V.	QUÍMICA FOLIAR S.A de C.V.
	BIOTEC Latinoamericana S.A.de C.V	Laboratorios BIOQUIMEX S.A. de C.V	Química Agrícola del Noroeste. S.A. de C.V.
	BIOTECNIC S.A de C.V	Maltos y Asociados S.A. de C.V.	QUIMIA S.A. de C.V
	BIOTEKSA, S.A de C.V.	Productos Ecológicos S.A LAPRE	MASECA S.A. de C.V.
	BIOTECNO S.A de C.V.	PROQUISA S.A. de C.V	Fertilizantes Orgánicos Lomhus S.de R.L.M.I.
Ganadero y Animal	ABS México S.A de C.V		
	BIO-ZOO S.A de C.V		
	ALTECH de México S.A. de C.V.		
	Avimex. Salud Animal		

Fuente: elaboración por Amaro Rosales , Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 propia con datos de La Biotecnología en México. Informe elaborado por Trikarty e Hiperion Biotech para Genoma España 2005, RENIECYT 2009, Corona 2006, Solleiro 2008.

Hay que señalar que a pesar de que encontramos muchas empresas mexicanas en el sector agropecuario, *“existe una marcada diferencia entre aquellas empresas que hacen uso de las técnicas y procesos biotecnológicos, que en su mayoría son las grandes transnacionales y aquellas de capital nacional que desarrollan de manera incipiente algún proceso.”*⁹⁷ Por lo tanto muchas de las empresas que se encuentra en la tabla superior solo realizan pequeñas mejoras a ciertos procesos o productos.

En cuanto a la aplicación de la biotecnología y el uso de semillas genéticamente modificadas en la agricultura, existe un fuerte debate sobre sus beneficios y costos, ya que México ocupa uno de los primeros cinco lugares como país con megabiodiversidad, la discusión consiste en que emplear cierto tipo de OGM podría tener un impacto significativo en el medio ambiente y los ecosistemas, como:

1. Que la resistencia conferida a los cultivos se transita a las malezas y con ello sean imposible su control.

⁹⁷ Amaro Rosales , Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010

2. La velocidad de desarrollo de resistencia de insectos a biopesticidas como el *Bacillus thuringiensis* (Bt). Hasta ahora esas bacterias se da de forma natural y se usa como insecticida; la interrogante es saber si al generalizar su uso no vayan a parecer insectos resistentes, más pronto de lo esperado.
3. Generación de virus potencialmente nuevos un aumento del nivel natural de la recombinación entre las poblaciones de virus y los transgénicos
4. Alteración al medio ambiente. Disminución de la capacidad de sobrevivencia de algunas plantas, es decir, que ahora pasen genes a población silvestre y que le reste capacidad de sobrevivir, aumento de la capacidad de algunas plantas para colonizar nuevas hábitats, alteración entre la relación de plantas y animales, efectos sobre organismos “no blanco “ como insectos beneficiosos o las poblaciones microbianas del suelo.
5. Pérdida de Biodiversidad.

Uno de los casos más sobresalientes en el país es el del Maíz, ya que México es centro de origen de esta semilla y es parte fundamental dentro de la alimentación de la población de México. A pesar de que el cultivo de Maíz transgénico no se ha liberalizado, desde el 2009, el gobierno mexicano aprobó el desarrollo de campos de cultivo de ensayo en el norte del país, lo que puede representar un riesgo elevado para la gran diversidad con la que cuenta esta semilla, ya que a pesar de que se cuentan con las medidas adecuadas para que no exista flujo génico, siempre existe la posibilidad de que se pueda dar la polenización abierta del maíz.

Por otro lado también podemos identificar el problema de salud humana, existiendo dos puntos de vista, el primero, que los transgénicos no representan ningún riesgo para el ser humano, esta opinión se encuentra defendida principalmente por las grandes transnacionales y su grupo de científicos, por otro lado esta la opinión de grupos de científicos que afirman mediante estudios, que el consumo de transgénicos pueden generar problemas de salud en la población.

El caso de México como centro de origen del Maíz .

Hay en México 41 especies complejas de maíz y miles de variedades. En el banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se guardan 10 965 accesiones, de las cuales 3 532 corresponden a variedades mexicanas. El centro tiene, además, otras 2 200

accesiones, con menos de 100 a 200 semillas cada una, y muchas de ellas son también de origen mexicano. Por otra parte, el banco de genes de propiedad del Gobierno de México, que es administrado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), contiene otras 570 accesiones no incluidas en la colección del CIMMYT.

Actualmente existe un fuerte debate en cuanto a la aprobación de cultivos de ensayos de semillas transgénicas de maíz, pues esto podría representar un elevado riesgo para la protección de biodiversidad de las distintas semillas nativas que existen en México, así como riesgos para la salud humana e impacto económico para los agricultores.

Los antecedentes de los primeros cultivos transgénicos de ensayo en México fueron en 1996, el rasgo genético era resistencia a insectos del maíz, dos pruebas fueron aprobadas por la Comitativa de Bioseguridad del Gobierno Mexicano. La primer prueba fue realizada a inicios de 1996 y el maíz fue destruido antes de florecer, la segunda prueba fue sembrada a mediados de 1996 y de igual forma fue destruida antes de florecer.

En febrero del 2005 el congreso del senado acepto en la ley de bioseguridad permitir la introducción de cultivos transgénicos, esta nueva ley permite la venta, el cultivo y la utilización de cultivos transgénicos y productos siempre que fueran revisados caso por caso por la Comisión Intersectorial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM).

En el 2009 se aprobó el primer cultivo de ensayo de maíz transgénico en México, después de 11 años de moratoria, el gobierno aprobó 26 campos de experimentación de maíz genéticamente modificado, estos cultivos de ensayo fueron sembrados en el Norte del país, doce de estos cultivos fueron sembrados de Octubre a Noviembre del 2009 en los estados de Sonora y Sinaloa y un promedio de 9 cultivos de Febrero a Abril del 2010 en el estado de Tamaulipas y Chihuahua.

Cuadro 4.9

Cultivos de ensayo de Maíz Transgénico aprobados en México en el 2009			
Compañía	Evento	Numero de cultivos	Característica/Rasgo
Dow AgroSciences- Pioneer Hi-Bred	DAS-01507-1	4	Tolerancia al Glufosinato Resistencia a los lepidopteros
	MON-00603-6	4	Tolerancia al glicofosato
	DAS-01507-1x MON-00603-6	4	Tolerancia al Glufosinato Tolerancia al glicofosato Resistencia a los lepidopteros
Monsanto	MON-00603-6	3	Tolerancia al glicofosato
	MON-89034-3x	3	Tolerancia al glicofosato

	MON-88017-3	Resistencia al coeóptero Resistente al barrenador europeo del Maíz (Ostrinia nubilalis) Resistencia al Barrenador del tallo de Míz (Diabrotica virgifera) Resistencia al Barrenador Mediterráneo (Se- samia nonagroides)
Fuente del Gobierno Mexicano en James,Clive.2009. Global Status of Comercial Biotech/GM Crops:2009.ISAA Brief No.41 ISAAA: Ithaca, NY		

Son tres las empresas que realizaron cultivos experimentales, las tres son grandes transnacionales siendo la más importante Monsanto, que ya desde inicios de la década de los años noventa del siglo XX venía realizando diversas pruebas de cultivos transgénicos y tratando de recibir la aprobación del gobierno mexicano para emplear e introducir sus semillas transgénicas en el país.

El problema que enfrenta actualmente México de ser aprobado el uso de cultivo de maíz transgénicos son por un lado la pérdida de biodiversidad de las diferentes especies nativas de maíz, provocada por la contaminación genética que se puede derivar de la liberación de cultivos transgénicos, a pesar de que se tomen todas las medidas necesarias para evitar que se realice la polinización y por otro lado el impacto negativo en la población, tanto a nivel de consumo con implicaciones para la salud⁹⁸.

A continuación enlistamos algunos de los efectos negativos sobre la salud por el uso de cultivos genéticamente modificados, basado en el informe "GMO Myths and Truths, An evidence-based examination of the claims made for the safety and efficacy of genetically modified crops" ("Mitos y Verdades de OMG, una examen basado en la evidencia de las afirmaciones hechas sobre la seguridad y eficacia de los cultivos genéticamente modificados")

1. La ingeniería genética utilizada en el desarrollo de los cultivos no es precisa ni fiable, y no se ha demostrado que sea segura. Las técnicas pueden dar lugar a la producción de toxinas

⁹⁸ El informe, "GMO Myths and Truths, An evidence-based examination of the claims made for the safety and efficacy of genetically modified crops" ("Mitos y Verdades de OMG, una examen basado en la evidencia de las afirmaciones hechas sobre la seguridad y eficacia de los cultivos genéticamente modificados") de Michael Antoniou, PhD, Claire Robinson y John Fagan, PhD, es una publicación de Earth Open Source (junio 2012). El informe está disponible en: <http://earthopensource.org/index.php/reports/58>.

o alérgenos inesperados en los alimentos, con pocas probabilidades de ser detectados en los actuales controles de regulación.

2. Los cultivos transgénicos, entre ellos algunos que ya están en el suministro de nuestros alimentos y en los de animales, han demostrado claros signos de toxicidad en las pruebas de alimentación para los animales - en particular en trastornos de las funciones renales y del hígado, y en la respuesta del sistema inmunológico.
3. Roundup, el herbicida que más del 50% de todos los cultivos transgénicos están diseñados para tolerar, no es seguro ni benigno como se ha dicho, pero se ha encontrado que causa malformaciones (malformaciones congénitas), problemas reproductivos, daños en el ADN y cáncer en animales de laboratorio. Los estudios epidemiológicos en los seres humanos han encontrado una asociación entre la exposición a Roundup y el aborto espontáneo, defectos congénitos, problemas neurológicos de desarrollo, daño en el ADN, y ciertos tipos de cáncer
4. Una crisis de salud pública ha explotado en las regiones productoras de soja transgénica de América del Sur, donde las personas expuestas a las fumigaciones con Roundup y otros productos agroquímicos rociados al cultivo reportan una escalada de las tasas de defectos congénitos y cáncer.
5. La toxina Bt de OGM no se limita en su toxicidad para las plagas de insectos. Se ha encontrado que los cultivos transgénicos Bt tienen efectos tóxicos en animales de laboratorio en ensayos de alimentación.
6. La toxina Bt no es totalmente digerida en la digestión y se ha encontrado que circula en la sangre de las mujeres embarazadas estudiadas en Canadá, y en la sangre del feto.

Además del impacto que puede tener el consumo de transgénicos en la salud también existen problemas socioeconómicos, como efectos negativos para los pequeños productores de maíz que

emplean técnicas tradicionales y semillas nativas o criollas⁹⁹, también podemos agregar el problema de la soberanía alimentaria, ya que el maíz al ser base de la alimentación de los Mexicanos, el empleo de semillas transgénicas podría implicar quedar subordinados al mercado de semillas introducidos por las empresas transnacionales y los diferentes paquetes tecnológicos que estas emplean. respondiendo más a los intereses de las grandes empresas transnacionales de agrobiotecnología que a las necesidades de las diversas agriculturas, específicamente la de México y sus diversas regiones con ecosistemas.

Normas y legislaciones en México sobre Organismos Genéticamente Modificados (OGM).

México cuenta en la actualidad con el siguiente comisión de bioseguridad y biodiversidad: Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), es un órgano del Poder Ejecutivo Federal que al más alto nivel se encarga de establecer las políticas relativas a la seguridad de la biotecnología respecto al uso seguro de los OGM, integrada por los titulares de las Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Salud, la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y la Secretaría de Economía (SE) así como por el Director General del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Dentro de las funciones principales de la CIBIOGEM se encuentran la coordinación de las políticas federales relacionadas con la producción, exportación,

⁹⁹Hay un componente geográfico de la producción de maíz en México. Se puede clasificar a los productores según cuatro grupos (que se describen abajo), basados en la producción de maíz (Turrent Fernández y Serratos Hernández, 2004). Grupo I. Se ubica en el centro y sur-sureste de México contiene el 70% de las razas nativas de maíz. Esta región tiene una alta probabilidad de preservar su biodiversidad de maíz; comprende estados con medianas a muy altas proporciones de población rural, con uso limitado de híbridos, con producciones de maíz desde media a alta, y rendimientos bajos a altos.

Grupo II. Se ubica en estados del norte del país que producen poco maíz y con frecuencias de población rural desde baja hasta mediana, su uso de híbridos es de bajo a mediano, y en general tienen muy baja a mediana producción y productividad de maíz.

Grupo III. Se ubica en el estado de Jalisco que es gran productor de maíz, con rendimientos que varían desde bajos hasta medios y altos. Hay un uso alto de híbridos en las regiones más productivas; también hay considerable número de razas nativas de maíz y poblaciones de teocintle. El nivel de población rural es medio.

Grupo IV. Se localiza en los estados de Sonora y Sinaloa, y en los alrededores del Distrito

Turrent Fernández, Antonio; Wise, Timothy A.; Garvey, Elise. "Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México", Woodrow Wilson International Center for Scholars, Reporte 24, Octubre 2012.

movimiento, propagación, liberación y consumo de los OGM. Así como la realización de evaluaciones en cuanto al uso de OGM y los productos derivados de ellos.

Así mismo México cuenta con las siguiente normas nacionales en materia de bioseguridad:

1. Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM). Expedida el 18 de marzo 2005 .
 - Acuerdo por el que se determinan Centros de Origen y Centros de Diversidad Genética del Maíz. Publicado el 2 de noviembre de 2012
 - Acuerdo por el que se determina la información y documentación que debe presentarse en el caso de realizar actividades de utilización confinada y se da a conocer el formato único de avisos de utilización confinada de organismos genéticamente modificados. Publicado el 2 de noviembre de 2012
2. Reglamento de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Publicado el 28 de noviembre de 2006
3. Reglas de Operación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Publicado el 5 de diciembre de 2007
4. Reglas de Operación del Fideicomiso “Fondo para el Fomento y Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología” (FONDO CIBIOGEM). Emitidas el 27 de marzo de 2009

En cuanto a las acuerdo internacionales de bioseguridad el más importante es el protocolo de Cartagena del cual México es signatario, el protocolo de Cartagena entro en vigor el año 2003 y es el principal tratado que hace mención sobre los riesgos que presentan lo OGM. En dicho protocolo quedo establecido el principio precautorio que estipula que a pesar de no existir certeza científica o información de que dichos organismos dañen al medio ambiente o a la salud, un país puede prohibir la entrada de los transgénicos¹⁰⁰. La LBOGM contempla el enfoque precautorio señalado por el protocolo de Cartagena.

¹⁰⁰ “Artículo 10, 6. el que no se tenga certeza científica por falta de información o conocimientos científicos pertinentes suficientes sobre la magnitud de los posibles efectos adversos de un organismo vivo modificado en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica en a parte de importación, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, no impedirá a la Parte de importación, a fin de evitar o reducir al mínimo posible efectos adversos, adoptar una decisión según proceda en relación con la importación del organismo vivo modificado de que se trate como se indica en el párrafo 3 supra” (CBD, 2000)

En el artículo 9 fracción IV de la LBOGM se señala: *“Con el fin de proteger al medio ambiente, y la diversidad biológica, el Estado Mexicano deberá aplicar el enfoque de precaución conforme sus capacidades, tomando en cuenta los compromisos establecidos en tratados internacionales de los que los Estados Unidos Mexicanos sean parte. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta o deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la del medio ambiente y la diversidad biológica.”*, en la fracción XV del mismo artículo, se indica: *“La aplicación de esta Ley, los procedimientos administrativos y criterios para la evaluación de los posibles riesgos que pudieran generar las actividades que regula esta Ley, los instrumentos de control de dichas actividades, el monitoreo de las mismas, sus reglamentos y las normas oficiales mexicanas que de ella derivan, los procedimientos de inspección y vigilancia para verificar y comprobar el cumplimiento de esta Ley y de las disposiciones que de ella derive, la implementación de medidas de seguridad y de urgente aplicación, y la aplicación de sanciones por violaciones a los preceptos de esta Ley y las disposiciones que de ella emanen, son la forma que el Estado Mexicano actúa con precaución, de manera prudente y con bases científicas y técnicas para prevenir, reducir o evitar los posibles riesgos que las actividades con OGMs pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y la diversidad biológica”*

En cuanto a la detección de OGM el 10 de Enero del 2012 en un comunicado de prensa de la SAGARPA anuncio que La Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) otorgó al Centro Nacional de Referencia en Detección de Organismos Genéticamente Modificados (CNRDOGM) la acreditación número SA-0338-005/11 en la rama de Sanidad Agropecuaria como laboratorio de ensayo para el análisis de OGM.

El laboratorio del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), con sede en Tecámac, Estado de México obtuvo el reconocimiento de competencia técnica, imparcialidad y confiabilidad de sus resultados para la detección, identificación y cuantificación de secuencias genéticamente modificadas mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa en tiempo real (PCR-TR).

En cuanto al etiquetado de productos transgénicos, actualmente en México no se cuenta con una ley estricta sobre el etiquetado, debido a ello los consumidores no cuentan con la información completa para poder hacer una toma de decisión al momento de adquirir un producto, pero existe sospecha de muchos de los productos que consumimos actualmente en México están elaborados con transgénicos o productos derivados de transgénicos.

A continuación presentamos una lista de empresas y sus productos transgénicos que si están confirmadas con análisis de laboratorio¹⁰¹.

- 1) MASECA: Maseca con Vitaminas (Gruma, S.A. de C.V.).
- 2) MINSA: Masa de Nixtamal Instantánea (Grupo Minsa, S.A. de C.V.).
- 3) LA UNICA: Tortilla, Tortillas de masa fresca y Tostada Plana (Grupo Minsa).
- 4) MISION: Tortillas 100% de maíz (Gruma).
- 5) MILPA REAL: Tostadas de maíz (Bimbo).
- 6) KELLOGG'S: Korn Flakes, Corn Pops, Corn Flakes granulados y Froot Loppes (Kellogg's de México, S.A. de C.V.).

Debido a que la mayoría de los mexicanos tienen una dieta basada en el consumo de maíz, básicamente el consumo de tortilla y dado que las principales empresas productoras de tortilla están empleando harina que contiene maíz transgénico, podemos comprender que gran parte de la población en México esta realizando consumo de maíz transgénico sin siquiera saberlo.

Sector Industrial.

Por último el sector industrial es el menos desarrollado y tan solo se cuenta con registro de algunas empresas transnacionales y mexicanas dedicadas al medio ambiente (básicamente a la bioremediación), análisis de alimentos y empresas dedicadas a las producción de bebidas y alimentos.

Cuadro 4.10

Industria	
Medio Ambiente	BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL, S.A. DE C.V.
	ECCACIV
	ALLWASTE Servicios Industriales de Control Ecológico S.A. de C.V.
	ECO Ingeniería S.A. de C.V.

¹⁰¹ "Y tú...¿sabes lo que comes? Guía de transgénicos y consumo responsable", Greenpeace, 3a Edición, Septiembre 2012, México.

Revisar pagina web <http://www.greenpeace.org/mexico>

	ECO Red S.A. de C.V.
	ETEISA S.A. de C.V.
	Grupo Arthuriana Lancelot. S.A. de C.V.
	POLYBAC Corporation México
	Protectora Ecológica
	TECODESA y Asociados S.A. de C.V.
Análisis de alimentos	American QUALITY Lab S.A. de C.V.
	BAYER Diagnósticos S.A. de C.V.
	Bufete Químico S.A. de C.V.
	Corporación PR ALLIED S.A. de C.V.
	Métodos Rápidos S.A. de C.V.
	NATVER S.A. de C.V.
	Nuevos Desarrollos Industrial y Comercial
	TECNOLIM

Fuente: elaboración por Amaro Rosales, Marcela; Morales Sánchez, Mario Alberto en "La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación", CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 propia con datos de La Biotecnología en México. Informe elaborado por Trikarty e Hiperion Biotech para Genoma España 2005, RENIECYT 2009, Corona 2006, Solleiro 2008.

Cuadro 10.11

Grandes empresas con aplicaciones y uso de la Biotecnología en México en el Sector Industrial (Bebidas y alimentos)	
Coca- Cola Femsa	Bebidas
Grupo Modelo	Bebidas
Pepsico	Bebidas
Nestle	Alimentos
Femsa Cervezas	Bebidas
Grupo Industria Lala	Bebidas y Alimentos
Grupo Sabritas	Alimentos
Sigma Alimentos	Alimentos
Grupo Bachoco	Alimentos
Gamesa	Alimentos
Grupo Bimbo	Alimentos

Grupo Herdez	Alimentos
Fuente: elaboración por Amaro Rosales , Marcela; Morales Sánche, Mario Alberto en “La Biotecnología en México, una aproximación desde los sistemas sectoriales de innovación”, CONCYTEG 5(64): Octubre, 2010 Construido a partir del PECiTI (2001-2006) y Solleiro et.al 2008	

Debido a que no existe suficiente información o bases estadísticas respecto al crecimiento y desarrollo de las empresas mexicanas de biotecnología, es complicado hacer un análisis completo, pero lo que si podemos observar dentro de la trayectoria tecnológica de la biotecnología en México es que la mayoría parte de I&D es realizada por el sector público, principalmente por universidades públicas, lo que nos permite ver que existe una baja comunicación entre las universidades y las empresas, que permita que estas ultimas aprovechen los desarrollos realizados en los cuartos de laboratorio de las universidades, también podemos observar que existe una baja promoción por parte del Estado para estimularla vinculación entre universidades y empresas. También se debe destacar la necesidad de crear instrumentos financieros que favorezcan el desarrollo de empresas nacionales de biotecnología. Estas tan solo pueden ser algunas de las recomendaciones que se pueden hacer, para favorecer y fomentar el despliegue biotecnológico en México, que este en función de las necesidades del país y que le permita competir en un mediano plazo en el mercado global.

Conclusiones:

Como podemos observar a lo largo de este trabajo y como mostramos en el marco teórico y en el despliegue de esta tecnología desde sus orígenes la conformación de un paradigma tecnoeconómico es un proceso que lleva muchos años y que no aparece repentinamente. Actualmente la biotecnología ya no es una tecnología latente que se encuentre encerrada en los cuartos de laboratorios de universidades, actualmente la biotecnología comienza a tener diversas aplicaciones principalmente en el campo de la medicina y la ciencia de la vida, pero no queda excluida sólo a estos sectores pues como mostramos también están avanzando sus aplicaciones en el sector primario y en la industria.

En el sector primario, la principal aplicación para la que se está empleando la biotecnología es en la producción de semillas transgénicas en sus dos niveles, semillas tanto con rasgos que permiten a los cultivos tener resistencia a herbicidas, plagas y virus, como las semillas de segunda generación que se están desarrollando para enfrentar el estrés ambiental.

Durante la investigación observamos que actualmente son muy pocos los países que están empleando cultivos transgénicos y que la mayoría de ellos se concentran en América y si observamos realmente Estados Unidos es el que tiene mayor dinamismo, seguido en menor medida por Brasil y Argentina.

En el caso de México la superficie sembrada asciende a 71,000 hectáreas de cultivos transgénicos siendo el de mayor importancia el cultivo de algodón. A partir del 2009 se permitió la liberación de cultivos de ensayo de maíz en el norte del país, para México esto desencadenó un profundo debate sobre el empleo de cultivos transgénicos, debido a que México es centro de origen del maíz, por lo que es necesario que el Gobierno y las Instituciones encargadas en este ámbito tomen las medidas adecuadas y se generen las leyes necesarias que permitan tener un seguro desarrollo y aplicación de la biotecnología en este sector.

En cuanto al sector de la salud, principalmente en la elaboración de fármacos, México aún no cuenta con la capacidad necesaria para desarrollar fármacos con base biotecnológica, esto debido a que los costos son muy elevados, por tal motivo, podemos observar que las principales farmacéuticas a nivel mundial son las que están desarrollando todo el potencial de esta tecnología, es el caso de las farmacéuticas como Pfizer, Sanofi-Aventis, GlaxoSmithKline, Novartis, Roche, AstraZeneca, Merck & Co., Johnson&Johnson y Eli Lilly.

Dentro de la biotecnología uno de las bases para su desarrollo es la biodiversidad existente en el planeta, siendo considerada la información genética como el “oro verde”. Dicha información genética se encuentra concentrada en el hemisferio sur del planeta, en países en desarrollo, podemos observar que la mayoría de los corredores de biodiversidad se encuentran en esta región del planeta, por lo que los países que cuentan con estas áreas son de vital importancia debido al gran acervo de material genético que se encuentra concentrado en sus diversos ecosistemas, pero no solo eso, sino también en muchas regiones de estos países existen pueblos autóctonos que cuentan con elevado grado de conocimiento de manejo de plantas, como es el caso de de los pueblos indígenas de México que desde hace varios siglos han empleado plantas medicinales. Todas estas ventajas pueden ser aprovechadas por estos países que en su mayoría son países en desarrollados, lo cual hace que la aparición de la biotecnología como paradigma tecnoeconómico les presente una ventana de oportunidades, el problema es que son pocos los casos de países en desarrollo que están empleando esta tecnología para fomentar su crecimiento y desarrollo industrial. La mayoría de estos países están funcionando como exportadores de material genético, materia prima de este paradigma, repitiendo el error de siglo pasado del modelo primario exportador, sin darle tanta importancia al desarrollo industrial.

Por ultimo es necesario poner atención en los mecanismos de patentes, ya que muchas de las empresas trasnacionales están empleando este mecanismo para obtener mayores beneficios y una renta tecnológica, muchas veces aprovechándose de conocimiento ya manejado por pueblos autóctonos, provocando que los beneficios obtenidos de estas patentes solo se vean reflejados en las ganancias obtenidas por estas empresas.

Bibliografía :

- Alvarez, Bejar. Barreda, Andres. Bartra, Armando, "Economía política del plan Puebla-Panamá", Itaca, México, 2002
- Antoniou, Michael; Robinson, Claire; Fagan, John. "GMO Myths and Truths, An evidence-based examination of the claims made for the safety and efficacy of genetically modified crops" ("Mitos y Verdades de OMG, una examen basado en la evidencia de las afirmaciones hechas sobre la seguridad y eficacia de los cultivos genéticamente modificados"), Earth Open Source, Junio 2012.
- Bárcena, Alicia; Katz, Jorge; Morales, César; Schaper, Marianne (Editores) "Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto", Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, junio 2004
- Aréchiga, Hugo, "La ciencia mexicana en el contexto global", Conacyt/Porrúa, México, 1994, Bartra, Armando, "El Hombre de Hierro", Itaca, México, 2008
- Bartra, Armando, "Cosechas de Ira", Itaca, México, 2003
- Bolaños, Federico. "El impacto biológico: problema ambiental contemporáneo", UNAM-IB, México, 1990.
- Bolívar, Zapa Francisco G. Compilador y editor. "Fundamentos y casos exitosos de la Biotecnología Moderna", D.D. El Colegio Nacional, Coedición Academia Mexicana de Ciencias; UNAM, Instituto de Biotecnología; CONACYT; CIBIOGEM
- Burbach, Roger y Patricia Flynn, "Las agroindustrias transnacionales: Estados Unidos y América Latina", Era serie popular era num.82, México, 1983
- Castells, Manuel "La era de la Información; economía, sociedad y cultura", Tomo I, Tercera edición, México, 2001, siglo XXI.
- Carillo Trueba, Cesar, "La conquista biológica de América", México, en Ciencia num. 23, Facultad de ciencias, UNAM
- Ceciña, Ana. Barreda, Andrés (coordinadores) "Producción estratégica y hegemonía mundial", Siglo XXI, México,
- Chonchol, Jacques, "Sistemas agrarios en América Latina. De la etapa prehispánica a la modernización conservadora", FCE, México, 1995

- Corona Treviño, Leonel, “Teorías económicas de la innovación tecnológica”, Ciess-IPN, México, 2002
- Corona Treviño, Leonel, “La tecnología, siglos XVI al XX”, Océano, México, 2004.
- Corona, Leonel; Hernández, Ricardo (Coordinadores), “Innovación, Universidad e Industria en el Desarrollo Regional”, Ed. Plaza y Valdés, México, 2002
- Crosby, Alfred, “Imperialismo ecológico”, Grijalba, Barcelona, 1988
- Dabat, Alejandro, “El mundo y las naciones”, CRIM-UNAM, México, 1993.
- Dabata, Alejandro; Ordoñez, Sergio. “Revolución informática, nuevo ciclo industrial e industria electrónica en México”, UNAM-IIEC, México, 2009.
- Delgado Ramos, Gian Carlo “El carácter geoeconómico y geopolítico de la biodiversidad: el caso de América Latina” en Gestión ambiental y conflicto social en América Latina, CLACSO, Buenos Aires, 2008. pp. 25-66
- Delgado Ramos, Gian Carlo, “Geopolítica Imperial y Recursos Naturales”, Revista Memoria, Número 171, mayo de 2003
- Freeman, Christopher “La teoría económica de la innovación industrial”, Alianza, Madrid, 1975
- González Aguirre, Rosa Luz, “La biotecnología agrícola en México. Efectos de la propiedad intelectual y la bioseguridad”, UNAM, México, 2004
- Grupo ETC comunicado 107, “Quién controla la economía verde”, Noviembre, 2011
- James, Clive 1997, Global Status of transgenic crops in 1997, ISAAA Briefs No.5
- James, Clive. 2009. Global Status of Comercial Biotech/GM Crops: 2009. ISAA Brief No.41 ISAAA: Ithaca, NY
- James, Clive, Global Status of transgenic crops, ISAAA Briefs, 2010
- James, Clive. 2010. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2010. ISAAA Brief No. 42. ISAAA: Ithaca, NY.
- Keynes, John Maynard “Breve tratado sobre la reforma económica”, FCE. 1996
- Khun, Tomas, “La estructura de las revoluciones científicas”, FCE, México, 2007
- Kondratieff, N. “Los Ciclos económicos largos”, Edit Akal, España, 1979
- Kuznets, Simon, “Crecimiento económico y estructura económica”, Barcelona, 1970
- Landes, David, “Progreso tecnológico y revolución industrial”, Madrid, Tecnos, 1979
- Mandel, Ernest, “Las ondas largas del desarrollo capitalista. La interpretación marxista”, Madrid, Siglo XXI, 1986

- Martinez, Eduardo, "Ciencia, tecnología y desarrollo. Interrelaciones teóricas y metodológicas", Caracas, Nueva sociedad, 1994
- Mendiola, Ignacio. "El jardín biotecnológico; tecnociencia, transgénicos y biopolítica", Madrid: Libros de cartera, 2006
- Mowery, David C. y Rosenberg, Nathan " Paths of Innovation" . Cambridge University Press, USA, 1998
- Henderson, Rebecca; Orsenigo, Luigi; Pisano, Gary P. "The pharmaceutical industry and the revolution in molecular biology; Internations among Mowery, David C.; Nelson, Richard R. " en Mowery, David C.; Nelson, Richard R. (editores) "Sources of industrial leadership", Cambridge, Inglaterra, 1999.
- Noguera Solano, Ricardo; Ruiz Gutiérrez. Rosaura. "El proyecto genoma humano", Ciencias 58, Abril, 2000
- OECD, Biotechnology Statistics Database, OECD Key Biotech Indicators, Enero 2011
- Pérez, Carlota, "Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza", Siglo XXI, México. 2004
- Pérez, Carlota, Cambio Tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil, en la Revista de la CEPAL No. 75, Año 2005
- Pérez, Carlota, "Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales", Revista CEPAL 100, Abril, 2010.
- Quintero, Rodolfo. "La revolución de la biotecnología". México
- Rifkin, Jeremy "El siglo de la biotecnología", Editorial Crítica, Barcelona, 1998,
- Rivera Ríos, Miguel Angel. Dabat, Alejandro (coordinadores), "Cambio histórico mundial, conocimiento y desarrollo", México, UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas, 2007
- Schumpeter, Joseph A., "Los ciclos económicos: Análisis teórico, histórico y estadístico del proceso capitalista", Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.
- Schumpeter, Joseph A, "Historia del análisis económico", FCE, México, 1984.
- Schumpeter, Joseph A, "Teoría del desenvolvimiento económico: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico" , FCE, México, 1978
- Sztulwark, Sebastián; Lavarello, Pablo. "Tecnología desincorporada e inserción internacional de las empresas biotecnológicas argentinas", Comercio Exterior, Volumen 59, No. 6, Junio, 2009.
- Semo, Enrique (Coordinador), "la tecnología, siglos XVI al XX, OCEANO, México, 2004.

Shiva, Vandana, "Los monocultivos de la mente", FINEO editorial, México, 2007.

The Bioeconomy to 2030: designing and policy agenda, The International Future Programs (IFP) of the OECD, OECD publishing, OECD2009.

Turrent Fernández, Antonio; Wise, Timothy A.; Garvey, Elise. "Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México", Woodrow Wilson International Center for Scholars, Reporte 24, Octubre 2012

"Y tú...¿sabes lo que comes? Guía de transgénicos y consumo responsable", Greenpeace, 3a Edición, Septiembre 2012, México.

