



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO



FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

LA BIOTECNOLOGÍA COMO FACTOR DE DESARROLLO
ECONÓMICO: EL CASO DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN RELACIONES INTERNACIONALES

P R E S E N T A:

ROBERTO MISAEL VEGA SALINAS

DIRECTOR DE TESIS:
MTRO. MARCO ANTONIO LOPÁTEGUI TORRES

MÉXICO, D. F. 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A Dios.

En primer lugar, agradezco inmensamente a Dios, por darme la fuerza, valor, perseverancia, constancia, tolerancia, responsabilidad y amor para culminar con esta increíble etapa de mi vida.

Gracias por todo Dios, siempre has sido columna vertebral en mi persona.

A mi familia.

A mis padres, por ser la base de mis valores, por apoyarme y amarme durante toda mi vida; ustedes son la motivación de mi superación y les dedico este triunfo. Gracias por existir.

A mi madre, Beatriz Eugenia Salinas Lazcano, siendo una persona esencial en mi vida, por brindarme su amor, apoyo, experiencias que a través del tiempo me han enseñado a ser una persona educada, madura, honesta, y agradecida. A ti, todo mi amor y agradecimiento.

Te admiro madre linda.

A mi padre, Luis Roberto Vega González siendo un modelo a seguir, eres la persona que más admiro, no sólo por tus éxitos profesionales, sino por el simple hecho de ser mi padre; tú, me has inculcado el estudio, orden, dedicación, perseverancia, humildad, lucha y pasión por la investigación. Mi agradecimiento infinito por todo lo que me has apoyado.

Te amo padre.

A mis hermanas y a mi hermano, Beatriz Jaqueline Vega Salinas, Roberto Isaías Vega Salinas, Sara Elizabeth Vega Salinas siendo ustedes los compañeros solidarios de mis alegrías, travesuras, enojos, complicidades y anécdotas que se han convertido en mis experiencias más valiosas de vida; más que hermanos siempre serán mis amigos del alma.

Los amo con todo mi corazón.

A mis queridos abuelos maternos, Efrén Enedino Salinas Pimentel y María Lazcano González. A mis abuelos paternos Roberto Vega Aranda y a mi abuelita Victoria del Rosario González Ortega, ¡siempre la querremos mucho y vivirá en nuestros corazones!, descanse en paz; siendo ustedes las personas que más me han enseñado sobre la vida, sus experiencias al compartirlas con la familia, muestran la fuerza, lucha, deseo, amor, ilusión y superación que tuvieron por sacar a todos adelante. Ustedes siempre serán base de estas hermosas familias que hoy gozamos; ustedes representan la unión, solidaridad y lealtad en mi persona.

Gracias por su sabiduría y consejos, amados abuelos.

A mis tías y tíos, siendo ustedes las personas que me han enseñado a manifestar el sentimiento más puro que es el amor; ustedes siempre serán motivo de alegría, espontaneidad, travesuras, libertad, paz, seguridad, porque ustedes invariablemente han sido parte primordial de mi vida y me han hecho sentir amado, consentido y respetado. Ustedes han sembrado en mí la seguridad, tenacidad y humanidad por las cosas y son responsables de este triunfo. Gracias absolutamente por todo.

No hubiera podido sin ustedes, los amo.

A mis primos y primas, siendo ustedes personas que han compartido conmigo chiquilladas las cuales fueron tramadas desde nuestra niñez y que aún hoy son parte de nuestra unión y alegría; con ustedes he compartido toda clase de momentos que nos han fortalecido como familia. A ustedes, que son considerados como mis amigos, les expreso que: ¡Sigamos obteniendo triunfos conjuntos!

Gracias por seguir tramando travesuras a mi lado.

Un especial agradecimiento para Angy Domínguez; contigo he aprendido tantas cosas, hemos vivido experiencias que nos han hecho crecer como personas; tú, has sido una gran mujer en mi vida y entre muchas otras cosas me has brindado paciencia, comprensión, respeto, consejos y un hermoso amor que se ha exteriorizado en el sacrificio de tu tiempo y espacio con el fin de que yo cumpliera con el mío. Este triunfo lleva mucho de ti.

Gracias por estar siempre a mi lado

A mis profesores.

Principalmente, quiero agradecer al Maestro Marco Antonio Lopátegui Torres, director de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión que me brindó, pero sobre todo por la motivación, amistad y el apoyo recibido a lo largo de este triunfo profesional.

De igual modo, agradezco especialmente el interés mostrado por mi investigación y las sugerencias recibidas de los profesores, Damaso Morales Ramírez, María Josefa Santos Corral, Sandra Kanety Zavaleta Hernández y Nancy Ivonne Vilchis Juárez; a todos y cada uno de ustedes mi agradecimiento infinito.

Índice General

Tema	Página
Introducción	
1. El conocimiento y las Relaciones Internacionales	2
1.1. Enfoques actuales sobre la evolución de la sociedad del conocimiento	11
1.2. Consolidación de la sociedad del conocimiento	14
1.3. La biotecnología, como actor fundamental en la sociedad del conocimiento	18
1.4. Las nuevas tendencias económicas previstas en la sociedad del conocimiento	19
1.4.1. Análisis del escenario actual mundial para la prospección	23
1.4.2. Las ondas Kondratieff u ondas de ciclos largos de desarrollo económico	26
1.4.3. Evolución de las tendencias económicas a partir de las innovaciones tecnológicas	30
2. La biotecnología como factor de desarrollo económico	34
2.1. ¿Qué es la biotecnología?	35
2.2. El objeto y fin de la biotecnología	40
2.3. Diferentes tipos de biotecnología	41
2.4. Situación de la biotecnología a nivel mundial	42
2.4.1. Etapas de la biotecnología en la historia mundial	44
2.4.2. Relación de países con desarrollo biotecnológico	46

2.4.3. Empresas e industrias biotecnológicas líderes de clase mundial	49
2.4.4. Importancia de las patentes en la biotecnología	59
2.5. La tendencia bioeconómica internacional	63
2.6. Un nuevo mercado en una nueva sociedad	65
3. La biotecnología en México	69
3.1. Indicadores de ciencia, tecnología e innovación de México y países líderes	69
3.2. Indicadores económicos en ciencia, tecnología e innovación de México	78
3.3. Situación de las empresas y la formación de recursos humanos en biotecnología en México	97
3.3.1. Productos biotecnológicos tradicionales	97
3.3.2. Formación de recursos humanos especializados en biotecnología	98
3.3.3. Sectores industriales con alto contenido de conocimiento biotecnológico en México	102
3.3.4. Instituciones con alto contenido de conocimiento biotecnológico en México	105
3.3.5. Marco legal y lineamientos del fomento a la investigación	109
3.3.6. Resumen de instituciones promotoras de la investigación científica y desarrollo biotecnológico (I&DBt) en México	114
3.4. Planes y programas de biotecnología e innovación vigentes en México	117
3.5. La biotecnología como sector estratégico científico-tecnológico	121
Conclusiones	125

Bibliografía	129
Índice de Figuras	141
Índice de Gráficas	142
Índice de Cuadros	143

Introducción

Esta investigación es presentada como un medio de impulso al sector tecnológico mexicano, en el que se circunscribe la integración de la ciencia a favor del desarrollo e innovación bajo el lema de la biotecnología.

Al margen de la problemática política y social que emerge de esta época de neoliberalismo económico, globalización y de los conflictos en la defensa de los valores democráticos como la igualdad, fraternidad y justicia, la ciencia debe conservar un faro luminoso de esperanza como factor que transforma el medio ambiente, y la cultura que espiritualiza el trabajo humano; no debe ser olvidada, por el contrario debe de ser de alta prioridad en el quehacer político y social nacional.

Bajo estas consideraciones, el país tiene a favor riquezas y potenciales naturales, localizado en un excelente espacio geográfico con el que se vale de todas las plataformas medioambientales para el desarrollo económico del país; sin embargo, hace falta una buena administración, cultura de riesgo e inversión a la innovación, con ellas, se lograría que el país sea un coloso internacional. Para ello, debe enfocarse en centralizar sus apoyos a las áreas estratégicas que abunden en una visión nacional práctica, atendiendo las problemáticas de nuestra nación como la escasa creación de tecnología que genera el país, así como el desarrollo industrial y el apoyo a una economía libre competitiva, no obstante, viendo también por los serios problemas de marginación ambiental y exclusión social.

Ante este panorama surge la pregunta: ¿Por qué el estudio de la biotecnología?, porque representa el factor integrador entre el sector productivo y la realización de la investigación además del sector científico y el quehacer universitario del pensamiento nacional, siendo una plataforma tecnológica creciente y con pleno conocimiento científico en desarrollo.

Esta generación de conocimiento biotecnológico debe despertar el interés social por el área al ser una vía de sustentabilidad en el país que requiere de capital humano en respaldo de las instituciones encargadas en este sector, así como programas de promoción o apoyo y generar innovación con productos y servicios en beneficio de la población.

Frente al escenario planteado, en los siguientes capítulos se idea y se desarrolla información del área biotecnológica, la cual tiene por base fuentes bibliográficas de documentación seria con el objetivo de responder a las hipótesis de estudio que se presentan a continuación:

H₁: Debido a la baja inversión económica en investigación y desarrollo en biotecnología, tanto la industria mexicana afín como las universidades e instituciones en las que se realiza investigación y desarrollo en esta área del conocimiento, se encuentran muy atrasadas en comparación con sus similares a nivel internacional.

H₂: Elementos claves como la infraestructura, el capital humano, clústeres de industrias, universidades y centros de investigación trabajando trilateralmente, la incentivación para una investigación científico-tecnológica que impulse a la innovación, la creación de nuevos organismos nacionales encargados del desarrollo biotecnológico como prioridad de desarrollo económico nacional son algunos de los cuales el gobierno mexicano debe trazar como puntos estratégicos para entrar en la competencia biotecnológica mundial.

En el capítulo 1 de la presente investigación habla sobre la vinculación que hay entre el conocimiento y sociedad internacional, siendo éste, principal promotor de olas tecnológicas que a través del tiempo han sido consideradas como las que han generado plataformas de innovación en todos los campos industriales y que han llevado al ser humano a la búsqueda del conocimiento a favor de sus intereses temporales; la característica principal del conocimiento es que tiene un completo dinamismo que se va sumando de generación en generación para crear nuevas tecnologías y actores que modifican las relaciones internacionales.

El conocimiento es un elemento clave del funcionamiento económico y por lo tanto, tiene uso productivo, es así que la evolución de nuevas formas de conocimiento tienen como resultado un giro en la forma de vida de las sociedades; la investigación parte de una aproximación a la sociedad del conocimiento para demostrar el interés de los actores internacionales por la creación y desarrollo del mismo en temas tan diversos como lo son la economía, las artes, los actos beligerantes, las estrategias políticas, la tecnología, y en general de la vida misma del hombre.

Es así que la biotecnología es un conjunto de técnicas resultado de un conocimiento innovador que transforma las nuevas tendencias económicas; en sustento de lo anterior se estudia la teoría de *ondas o ciclos largos para el desarrollo económico* del economista ruso Nikolái Dmítrievich Kondratieff con la que se da explicación a la relación de la innovación tecnológica con el desarrollo económico.

Posterior a la introducción de la vinculación del conocimiento con la historia del desarrollo económico mundial, se da comienzo al análisis del concepto biotecnología y los lazos que envuelven a los actores internacionales preponderantes en este sector; es así que el capítulo 2 de esta tesis se enfoca en la investigación de las grandes empresas biotecnológicas, siendo fuente del desarrollo económico el impulso al sector industrial, así como la promoción del comercio de productos y servicios asimilados en esta área.

Parte importante de este capítulo es el estudio de la situación de la biotecnología a nivel mundial, puesto que de ahí se da inicio a la información de patentes y la importancia que ellas generan respecto al monopolio del conocimiento que lleva de la mano las ganancias económicas en un inexplorado mercado internacional. La tendencia biotecnológica es postulada como un eje de innovación para el sector científico-tecnológico con beneficios indudablemente económicos.

Finalmente en el capítulo 3, la investigación esboza el caso específico de México; inicialmente se hace un estudio del tema desde una perspectiva internacional con el fin de tener un enfoque dilatado y saber si el país está en impulso y promoción del área biotecnológica con el objetivo de seguir la dinámica y dirección del cambio tecnológico actual, de manera de que en México se aproveche la siguiente ola de progreso y desarrollo económico.

Basándonos en una guía global podemos hacer comparaciones sobre los diversos indicadores económicos nacionales así como la situación de las empresas, los sectores industriales, los lineamientos legales y la formación de recursos humanos en esta estratégica área de conocimiento innovador llamada biotecnología.

En éste sentido la biotecnología juega un papel fundamental en el desarrollo político, económico y social, puesto que, es el espacio donde los seres humanos podemos preservar la vida usando la tecnología, es entender de una manera crítica y propositiva la relación de un liderazgo tecnológico para afrontar problemáticas dando solución desde aspectos bioéticos y humanísticos, acordes a políticas de salubridad, desarrollo sostenible e implicaciones sociales que demanda la participación activa de la sociedad.

De ahí la importancia de formar al profesional de tecnología, el médico, el biólogo, el químico, el ingeniero, al educador, entre otros, en un empoderamiento que sustente una concepción bioética al garantizar que la biotecnología no llegue a ser manipulada, para fines nocivos y monopólicos. Ya que, lamentablemente este tipo de tecnología es operada por las industrias y empresas con enfoques de interés económico y son comandadas por grupos de países industrializados/desarrollados que cuentan con el financiamiento y las instalaciones.

La investigación parte de dos enfoques pro-positivos que se le pueden dar al tema, la perspectiva norte/industrializado y la del sur/en vías de desarrollo, puesto que a manera internacional, la mayor parte de los países occidentales y del norte son los que actualmente están en poder de la tecnología de punta, experimentando e innovando; la visión positiva va aunada a la ayuda y prevención de las enfermedades, preparación de capital humano, instalaciones y proyectos en beneficio de la humanidad y con una mirada al desarrollo sur; en conjunción la ayuda sería benéfica para gente con pocos recursos económicos, logrando el objetivo de preservar la vida del ser humano sin barreras sociales. Es controvertido puesto que las opiniones van desde el ensanchamiento de la brecha Norte/Sur, ya que el desarrollo de la tecnología no es un negocio barato, y también funciona como una herramienta útil generadora de fármacos, alimentos, vida, sustentabilidad y de trabajo.

Es por ello que la investigación inicialmente da un enfoque general de la biotecnología a nivel internacional para ubicar el gran desarrollo que hay entre las grandes industrias y grupos de países industrializados, su desarrollo económico y el uso que le están dando, apostando por el beneficio humano y con una visión muy concreta al patrocinio, ya

que este tipo de tecnología será la generadora de desarrollo económico, social, político y cultural.

En el caso de una visión sur, la biotecnología es presentada como una salida principal a necesidades humanas, con vía de desarrollo, es entonces, donde aterriza la investigación al caso específico de México, no obstante, se presentan muchos problemas de financiación, difusión de la información, impulso por la tecnología y realmente preocupación por la población económicamente desfavorecida.

CAPÍTULO 1

*“Las cosas de este mundo tienen sed.
La realidad no sabe estarse quieta”.*
Luis García Montero¹.

1. El conocimiento y las Relaciones Internacionales

Desde que la humanidad apareció en el mundo y aprendió a sobrevivir comenzó a convertir su aprendizaje en conocimiento, el cual desde entonces cíclicamente se ha transmitido de generación en generación. De manera que el conocimiento existe desde el principio de la historia humana, es acumulativo, se encuentra en movimiento y cambia constantemente.

El objeto de estudio de las Relaciones Internacionales (RRII) es la evolución, desarrollo y situación que guardan los diferentes actores de la estructura internacional; hoy en día las RRII cambian constantemente debido a que el mundo se encuentra inmerso en el complejo fenómeno de la globalización. Referente a ello surge la pregunta de ¿qué relación guardan las RRII y el conocimiento?; en este capítulo se mostrará que el proceso de desarrollo histórico de las relaciones internacionales siempre ha estado relacionado con el conocimiento humano. En las Figuras 1, 2 y 3 que se presentan a continuación se exponen algunas secuencias de causa-efecto simplificadas sobre las actividades de la humanidad y su relación con la sociedad desde el siglo VIII de nuestra era hasta la actualidad.

El conocimiento que ha desarrollado y usado la sociedad para sobrevivir hace referencia a las distintas técnicas, procesos, procedimientos, dispositivos, aparatos y sistemas para conservar o producir tanto alimentos como elementos diversos logrando su bienestar a lo largo de las distintas épocas de la historia humana; a ello comúnmente se le conoce como plataforma tecnológica. Por lo tanto, esta plataforma, al igual que el conocimiento es creciente y aditiva; es decir, requiere de las plataformas previas para construir las actuales, y define nuevas actividades comerciales e industriales por medio de las cuales se procesan los recursos naturales y se producen bienes y satisfactores.

¹ Poeta Español citado por Fernández Pérez G. “Heráclito: Naturaleza y Complejidad”. Tesis Doctoral Departamento de Filosofía y Lógica y Filosofía de la Ciencia. Área De Filosofía. Universidad de Salamanca, España. 2009, pp. 15.

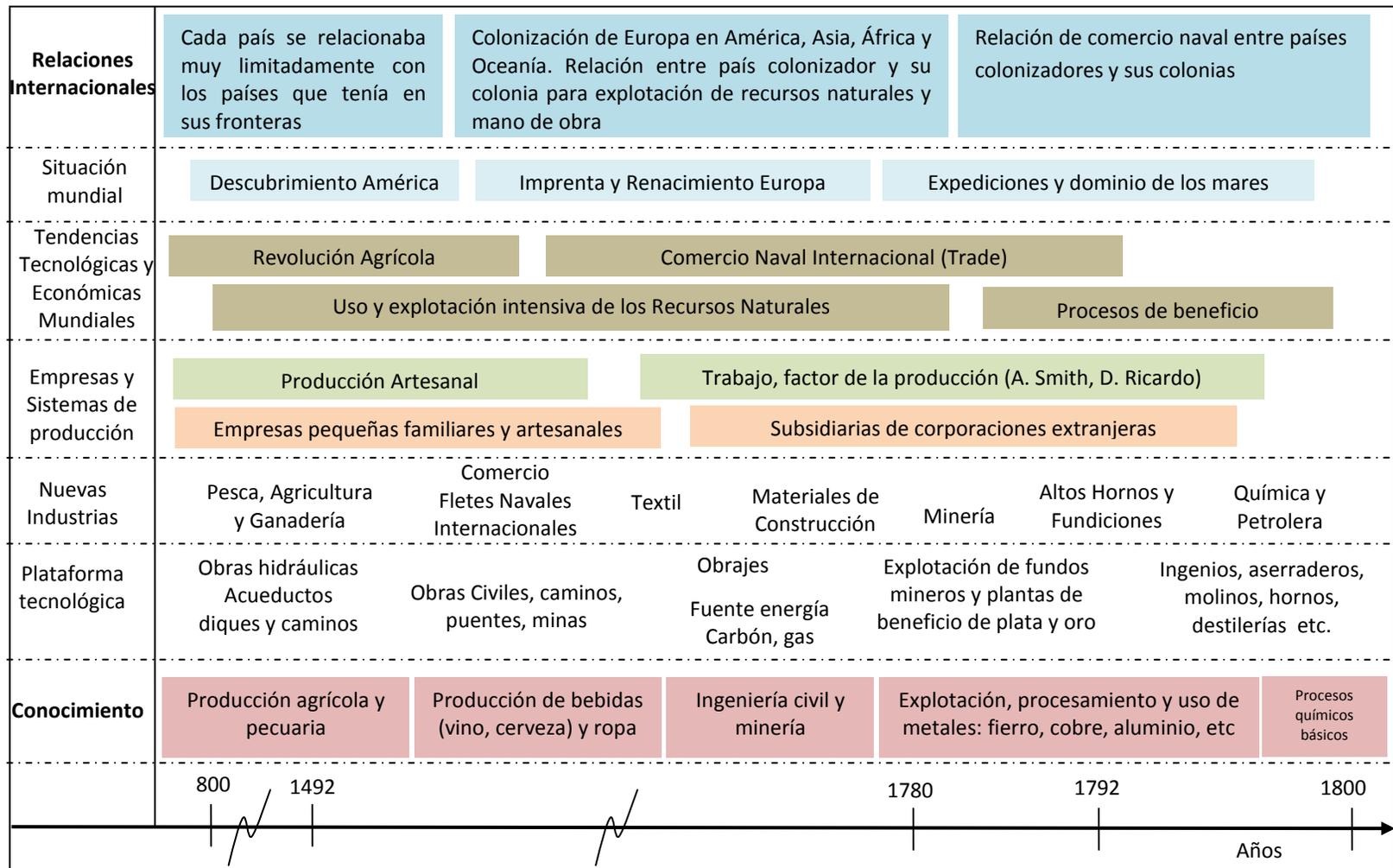


Figura 1 Conocimiento tecnológico y Relaciones Internacionales 800-1800. (Elaborado a partir de Vega-González, 2012, pag.3)

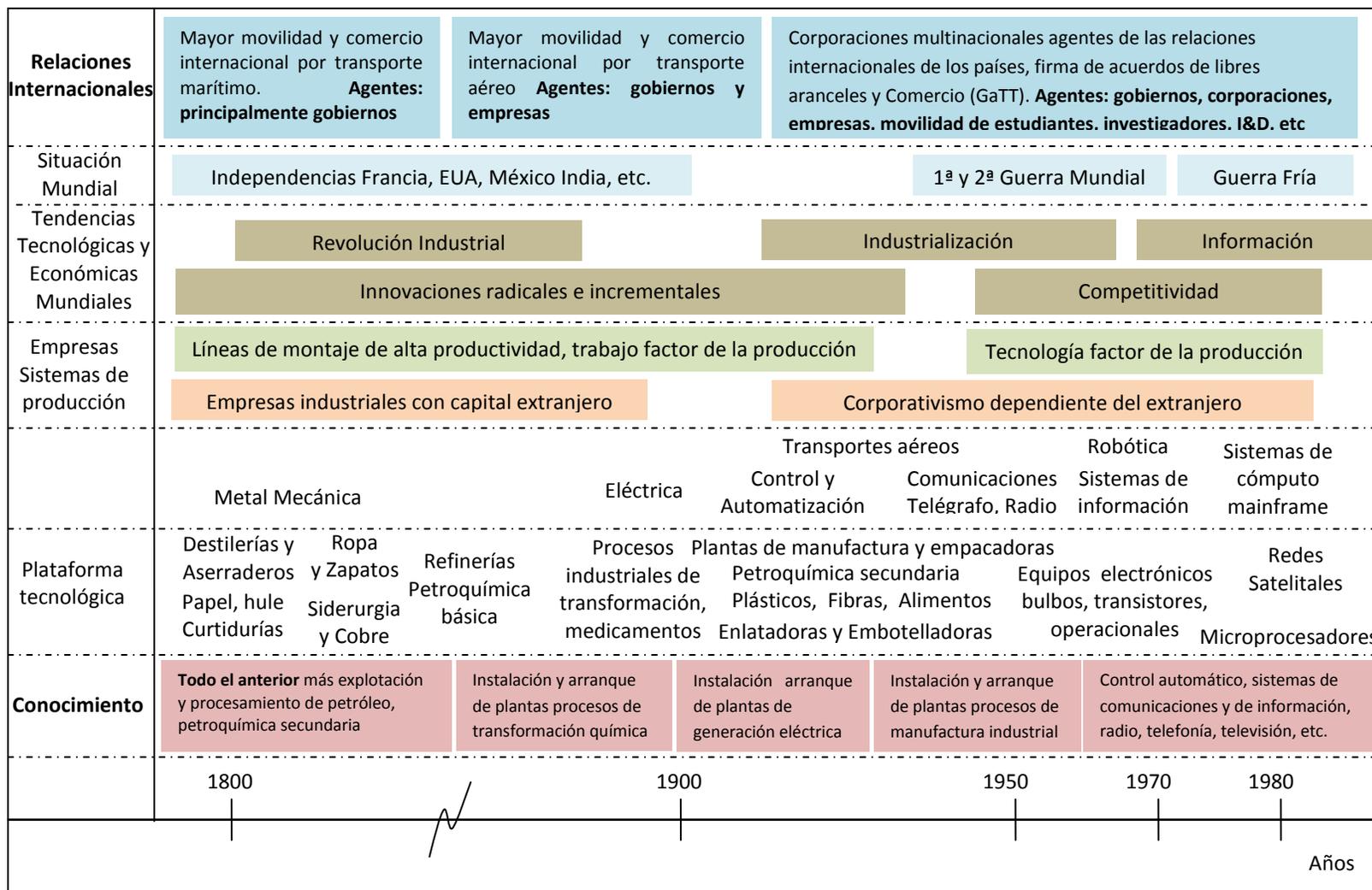


Figura 2 Conocimiento tecnológico y Relaciones Internacionales 1800-1980. (Elaborado a partir de Vega-González, 2012, pag.4/6)

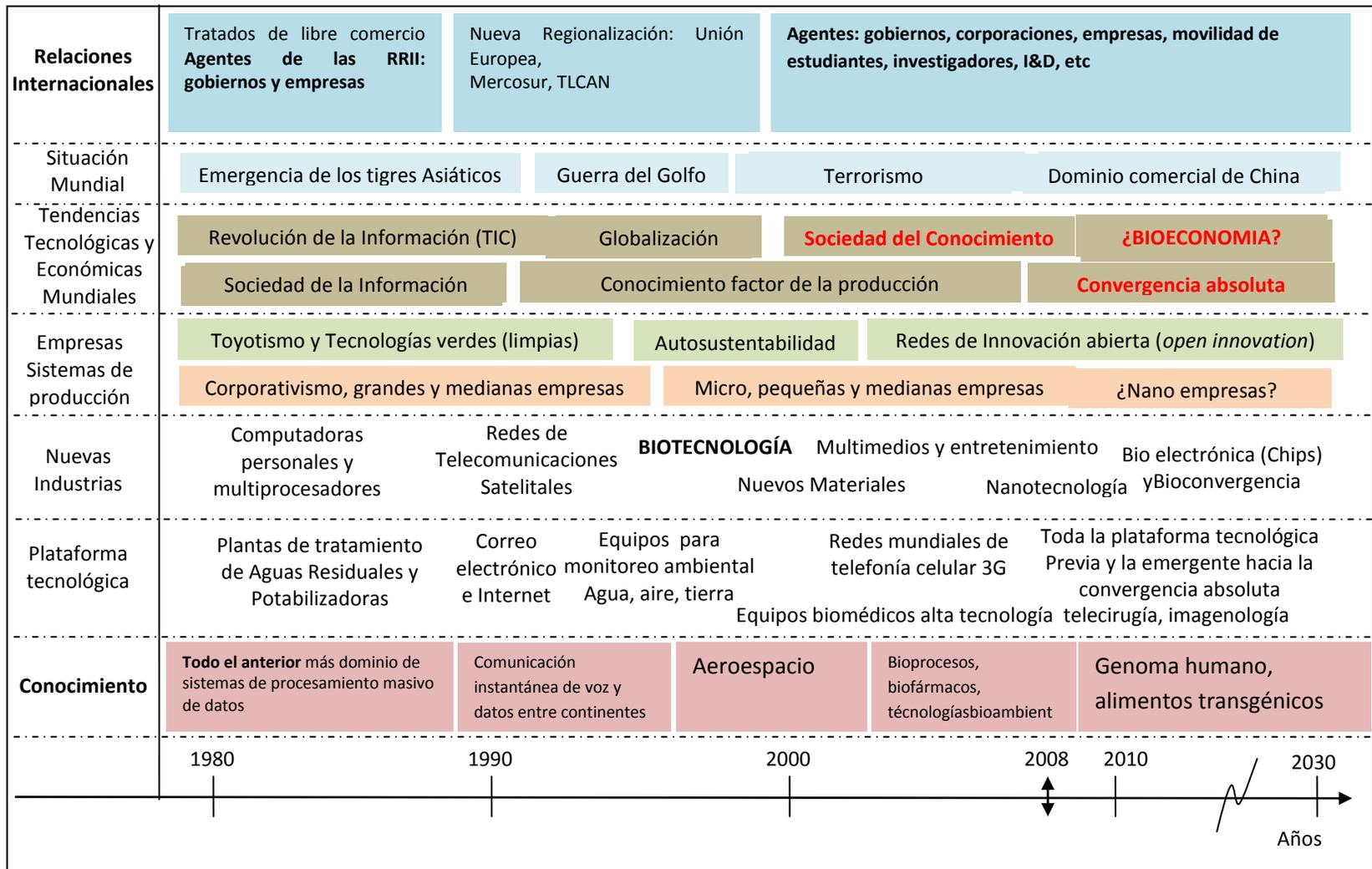


Figura 3 Conocimiento tecnológico y Relaciones Internacionales 1800-1980. (Elaborado a partir de Vega-González, 2012, pag.6/8)

Al ser implantadas las nuevas actividades industriales permiten el sustento de los grupos humanos quienes se agrupan en nuevos actores internacionales como lo son las empresas u organizaciones, a través de los años esta situación define nuevos sistemas de producción.

Desde el punto de vista macroeconómico en el quehacer cotidiano de las empresas y de otras organizaciones humanas, tales como las instituciones que realizan investigación y desarrollo, nace nueva tecnología que con el tiempo también define tanto las tendencias tecnológicas como de la economía mundial. El quehacer conjunto de individuos, empresas, organizaciones de todo tipo, gobiernos y su relación con otros países en el entorno internacional, define la situación de las Relaciones Internacionales dentro del orden mundial. Figura 4

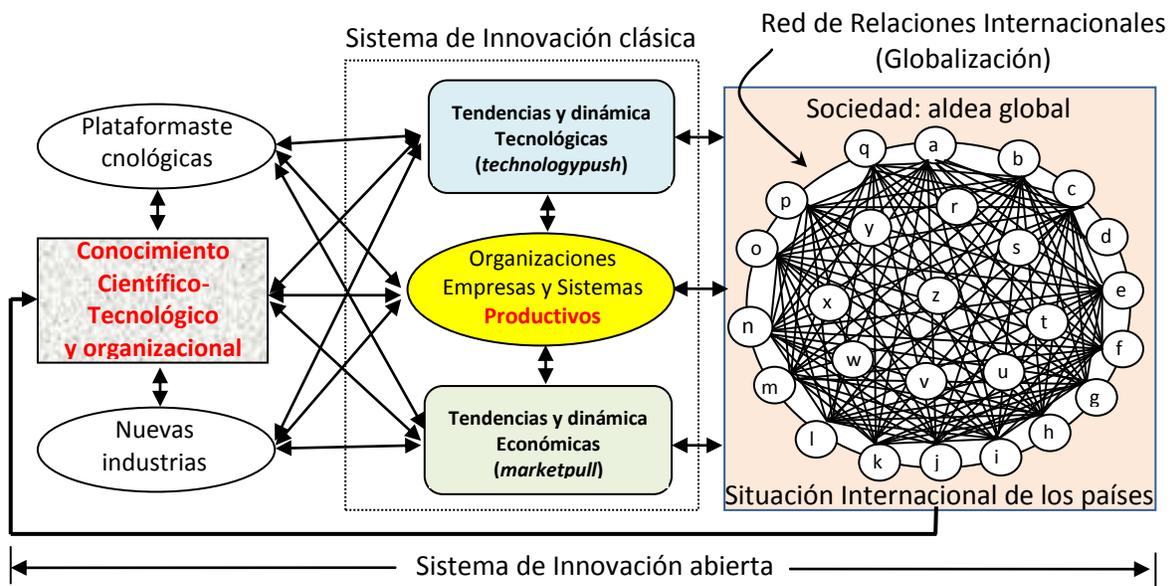


Figura 4. Relaciones causales de la situación internacional. (Elaboración propia)

La configuración de la estructura internacional cambia constantemente puesto que siempre se ve sujeta a distintas causas y fuerzas externas. Un ejemplo muy notorio es el sucedido durante la Guerra fría, desde mediados de los años 40 hasta la década de los años 90 del siglo pasado, se dieron intensos cambios estructurales dentro del sistema internacional debido a la proliferación de nuevos actores internacionales más allá del

Estado, y al nacimiento de otros entes con capacidad de decisión e influencia dentro del mismo; es decir, antes de la época señalada, el concepto de Relaciones Internacionales se concebía como las Relaciones entre los Estados, la visión internacional era Estatocéntrica.

Hoy en día también se relaciona con la aparición, la consolidación y la interrelación de las organizaciones internacionales, de las empresas transnacionales, de las organizaciones no gubernamentales y también con la movilidad que tienen los mismos individuos. Además podemos decir que los medios de comunicación y las sofisticadas tecnologías modernas de la información han facilitado las relaciones, provocando que las nuevas estructuras internacionales sean extraordinariamente más complejas, en otras palabras, dieron paso al fenómeno de la globalización.

Por la situación anterior, los temas de interés en las agendas internacionales se han multiplicado con el tiempo y fueron más allá de aquellos manejados en la Guerra Fría tales como la seguridad y la defensa nacional. Actualmente los temas de interés de las RRII se han abierto a muchos otros temas, tales como el desarrollo tecnológico y la innovación que son propulsores de la economía y por lo tanto de nuevas construcciones sociales.

Durante la última década, la “construcción social de la tecnología”^{2*} ha sido un tema trascendente ya que la ciencia y tecnología actuales han sido influenciadas por diversos componentes sociales, tales como los intereses políticos, los grupos de consumidores, la mercadotecnia y otros. La innovación y el progreso se dan a partir del conocimiento que generan los individuos para crear dispositivos que contribuyan a mejorar su vida diaria. Desde una perspectiva social la generación de nuevo conocimiento se presenta como el motor del desarrollo y del progreso, por ello es que la investigación y la innovación se encuentran bajo una dinámica de cambio constante.

² Berger Peter y Luckmann Thomas. *The social construction of reality: a treatise in the sociology of knowledge*, New York, 1966.

*En mi opinión, se entiende como “construcción social de la tecnología” a los procesos sociales que influyen al contenido de la tecnología, es decir, la tecnología es creada respecto a los intereses sociales, políticos o económicos a los que vayan dirigidos generando una constante evolución tecnológica.

De acuerdo con lo anterior, la humanidad siempre ha contado con diversos tipos de conocimientos y se dirige hacia el futuro dentro de un proceso de acumulación de conocimiento en el que cada generación recibe como herencia los logros de la anterior pero con el reto de seguir actualizando la información y generando nuevos conocimientos. Esta evolución, se entiende como el proceso de “modernización”^{3*} y es vista como benéfica para la sociedad puesto que busca la mejora e innovación de los procesos industriales para solventar los intereses sociales.

Es así que nuestra sociedad ha tenido constantes cambios generados por las actividades que el ser humano ha desarrollado, desde la aparición del fuego hasta las revoluciones industriales; la fuente de cambio normalmente ha sido la satisfacción de las diversas necesidades que la sociedad ha tenido respecto al tiempo y a los espacios en los que se ha encontrado.

Por su parte, el sistema internacional ha cambiado a partir de la aparición de diversos actores físicos y morales antes ya mencionados, quienes en la búsqueda de competitividad y aumento en la producción pasaron a ser las fuentes de desarrollo económico de los Estados. De tal manera que los mercados internacionales emergieron como nuevos actores que pronto adquirieron un gran poder transnacional, obteniendo la atención de los grandes representantes mundiales, puesto que al apoderarse de ellos obtenían grandes ganancias económicas, desarrollo social e incluso poder político.

Esto resultó en algo muy singular, ya que desde el inicio de los Estados se buscaban factores de producción de riqueza, la explotación de recursos naturales y posteriormente la producción en serie de nuevos productos y servicios, sin embargo, no había el concepto de mercado internacional en el que actuaran organizaciones, empresas e industrias en competencia por traer un bienestar económico a su entorno nacional.

³ Salazar Pérez Gabriel, *Hacia una tecnología socialmente significativa*. En Santos, M. J. y De Gortari, R. (coords.) *Computadoras e Internet en la biblioteca pública mexicana*, Pearson IIS, México, UNAM, 2009 pp. 4

*En mi opinión, se entiende como “modernización” a un proceso socio-económico que es llevado a cabo por la sociedad con fines económicos en los que se brinda un conocimiento innovador a las técnicas científicas e industriales para una mejora.

Actualmente, para dominar nuevos mercados se requiere del desarrollo de nuevos productos y por lo tanto de nuevo conocimiento. Esto lo señaló perfectamente bien Peter Drucker mencionando que en la nueva sociedad “el verdadero recurso dominante y factor de producción de riqueza absolutamente decisivo ya no es ni el capital, ni el trabajo, ni la tierra (los recursos naturales), sino el conocimiento”⁴.

En la Figura 4 se puede ver que el conocimiento, con un uso productivo, es un elemento clave del funcionamiento económico y por lo tanto, la evolución de nuevas formas de conocimiento tienen como resultado la creación de nuevos actores en el concierto internacional quienes juegan nuevos papeles y en consecuencia se les atribuyen nuevas funciones. Estos cambios de organización implican un giro en la forma de vida de las sociedades; por eso, a inicios de los años noventa del siglo XX, se adoptó el concepto de “sociedad del conocimiento”^{*} para demostrar el interés de los actores internacionales por la creación y desarrollo del mismo en temas tan diversos como lo son la economía, las artes, los actos beligerantes, las estrategias políticas, la tecnología.

Es por ello, que podemos decir que la relación ciencia-tecnología-producción siempre ha existido en la historia de la humanidad, por ejemplo, en las primeras sociedades agroindustriales y artesanales existían conocimientos científicos y tecnologías básicas de producción agropecuaria y alimentaria tales como las requeridas para la baja producción y conservación de vinos, quesos y otros alimentos. Con el control del vapor como fuente de energía y la aparición de las máquinas en la Revolución Industrial que se dio principalmente en Gran Bretaña y posteriormente en el resto de Europa a mediados del siglo XVIII y principios del siglo XIX se incrementaron sustancialmente los niveles de producción, dando origen a la nueva “economía industrial” basada en el conocimiento⁵, donde el *saber* implica *poder* ya que conlleva la capacidad de mejorar los productos existentes, crear nuevos productos o innovar para que en consecuencia las organizaciones

⁴Drucker Peter, *Para entender la sociedad del conocimiento: La sociedad del conocimiento*, Universidad APEC, Colección UNAPEC por un mundo mejor, 2005 pp. 13

⁵ F. Machlup, *The production and distribution of knowledge in the United States*, Princeton: Princeton University Press, pp.9

*En mi opinión, se entiende como “Sociedad del conocimiento” al proceso en el que el conocimiento se convierte en el recurso básico del progreso social principalmente como medio innovador tecnológico.

y/o los países pudieran ser más competitivos que otros al tener acceso y dominio de nuevos mercados. Al respecto Godin señala que:

*“...el concepto de economía del conocimiento fue utilizado desde el siglo XIX por C. Marx, y en los años sesenta por Polanyi y Machlup, mientras que desde mediados de los años noventa el concepto de sociedad del conocimiento se generaliza en torno a los trabajos publicados por la OCDE y, en particular, por los trabajos realizados por Foray y Lundvall...”*⁶

Al acuñarse este concepto, se dio origen a una “*nueva economía*” en la que se hizo muy claro el papel que jugaba la tecnología en la reestructuración económica de los países, los cuales reconocieron que para tener crecimiento sostenido requerían de altas inversiones en tecnologías de proceso, manufactura y comunicaciones.

Finalmente, se puede decir que la nueva tecnología es el resultado de la conjunción del *conocimiento* científico, técnico y tecnológico previo, y que por lo tanto en los últimos años el conocimiento científico-tecnológico se ha revalorado como factor clave de la producción y generador de riqueza; creando nuevos paradigmas tecnológico-económicos relacionados con el valor que tienen y generan las plataformas tecnológicas predominantes durante cada etapa de la historia de las civilizaciones modernas.

Así, las tecnologías que dieron origen y sostuvieron a la Revolución Industrial son sustancialmente diferentes de las tecnologías de la información que tuvieron su impacto a principios de la década de los años 90 del siglo pasado por la continua evolución, tales como la Internet y la telefonía celular; aún las nuevas innovaciones como la biotecnología, la ingeniería genética, los nuevos materiales y las redes de telecomunicaciones avanzadas, entre muchas otras, son más complejas y diferentes, sin embargo, ellas son las que soportan y dan vida tanto a la economía como a la sociedad del siglo XXI. (Fig. 1, 2 y 3).

⁶Godin B., *The Rise of Innovation Surveys: Measuring a Fuzzy Concept*, Project on the History and Sociology of STI Statistics, Paper no. 16, Communication presented at the International Conference in Honour of K. Pavitt "What We Know About Innovation", SPRU, University of Sussex, Brighton UK; November 2003, pp. 13-15.

1.1. Enfoques actuales sobre la evolución de la sociedad del conocimiento

Como vimos en el apartado anterior, el conocimiento siempre ha estado presente en muy diversas formas; en las sociedades más primitivas se manifestaba como un conjunto de saberes que permitían a los hombres conocer, entender y explicar las cosas y los fenómenos que les rodeaban. El mismo conocimiento teológico viene a ser un conjunto de saberes mediante los cuales el ser humano busca respuesta a sus inquietudes a través de una visión religiosa.

A partir de los postulados de Descartes⁷ con su “Discurso del método” y de Bacon⁸ con su método experimental inductivo durante el renacimiento se dieron las bases del método científico en el que el conocimiento es construido planteando preguntas de investigación mediante las cuales se crean hipótesis que al comprobarse sucesiva y permanentemente se convierten en teorías. Pero es interesante notar que aún las hipótesis que son refutadas y resultan ser falsas se convierten en conocimiento valioso.

Sí consideramos al conocimiento como una manifestación de la inteligencia del hombre que como mencionan Corona y Jasso, se refleja en su quehacer, actuar, pensar, creer y sentir⁹; haciendo uso de diversas metodologías, en la actualidad podemos generar ideas prospectivas que nos den una visión para la innovación de tecnologías en beneficio del ser humano.

En una perspectiva histórica parece inadecuado usar el calificativo de sociedad del conocimiento, pues para su evolución, la humanidad siempre integró el conocimiento que tenía de sí mismo y de la naturaleza, abarcando un conjunto más amplio de creencias y mitos además del conocimiento productivo, científico, tecnológico-innovador.

⁷ Descartes, R.: *Discurso del método*; estudio preliminar, traducción y notas de Bello Reguera, E.; ed. Tecnos, Madrid, 2003.

⁸ Benjamin Farrington, *The Philosophy of Francis Bacon*, Chicago: Univ. of Chicago Press, 1964; con versiones de *Temporis Partus Masculus, Cogitatae Visa* y *Redargutio Philosophiarum*. Trad.: F. Bacon, *filósofo de la revolución industrial*, Endymion, 1991

⁹ Corona Treviño Leonel; Jasso Villazul Javier; *Enfoques y características de la sociedad del conocimiento. Evolución y perspectivas para México*; en *Innovación en la Sociedad y el Conocimiento* de Sánchez Daza Germán (coordinador), Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2005, pp. 9

Los aspectos que desde la perspectiva de los autores indicados, contribuyeron decisivamente con la construcción de la moderna sociedad del conocimiento son:

- Las tecnologías de la información y las comunicaciones, TIC; en efecto, desde los años setenta del siglo XX, y de manera creciente a partir de 1990, se marcan ciertos hitos dentro de los avances de la electrónica y el desarrollo las comunicaciones, las cuales demostraron un gran impacto en los países desarrollados, puesto que son los puntos de referencia en cuanto a innovación al llevar la batuta en los cambios tecnológicos.
- Los cambios en el ciclo ciencia-producción, en dos sentidos: primero, el acortamiento del ciclo y, posteriormente, al aumento de una diversidad de relaciones de conocimiento entre las instituciones involucradas tanto por su intensidad como por su forma.

Se puede observar que la revolución de las TIC y la economía basada en el conocimiento son dos fenómenos fuertemente correlacionados; puesto que las TIC ofrecen una nueva infraestructura tecnológica la cual cambia las condiciones para la producción y distribución del conocimiento.

En estos fenómenos tecnológicos-organizacionales, surge la ciencia como producto, cultura, ocupación e institución por lo que se ha configurado la denominada sociedad del conocimiento, la cual actúa en un nivel superior a la sociedad de la información puesto que está inmersa por agentes, instituciones y relaciones; en ella, el factor de producción principal es la ciencia y los procesos de transformación se basan en el conocimiento en acción como conjunto de saberes y técnicas interactuantes, se convierte en un sistema de conocimiento o como señalan Lamo de Espinoza et al., "...un sistema de ciencia-

tecnología-industria cada vez más poderoso y más autónomo frente a otros sistemas (el político, el cultural e incluso el económico)”¹⁰.

De esta misma manera, en un ciclo de cambios permanentes, el individuo y la sociedad siempre han creado nuevos satisfactores por medio de la innovación tecnológica; desde esta perspectiva una sociedad del conocimiento se ubica en torno a cómo se crea, difunde y transmite el conocimiento a partir del paradigma tecnológico-económico actual y revela características nuevas en la forma de crear y difundir el conocimiento aplicado en nuevos productos, procesos o sistemas. Por lo tanto se hace evidente que el conocimiento generado a lo largo de toda la historia humana ha sido uno de los factores productivos más importantes, al lado del capital y el trabajo, generando como resultado actividades o productos del mismo.

Así, este conjunto de saberes contrastados han definido a la sociedad moderna, delineando las coordenadas de las sociedades de la ciencia y de la cultura de nuestra época; ejemplo de ello, es la forma de actuar del individuo, la cual ha cambiado notablemente respecto a la forma en que sucedían en épocas pasadas. Por ejemplo, se han dado muchos avances en los derechos humanos, de los trabajadores, de la mujer, que fungen como satisfactores de necesidades físicas y laborales de dichos sectores sociales.

También puede decirse que se han construido valores más democráticos y justos en la mayor parte del mundo en comparación a los sistemas políticos antiguos dominados por la colonialización y el esclavismo; lo ideal para la humanidad sería un claro reconocimiento de las libertades y del papel del individuo como ciudadano y actor principal en sus espacios vitales así como la aceptación de un desarrollo social multicultural que arroja conocimientos transdisciplinarios; sin embargo, este progreso aún debe concretarse, puesto que quedan muchas tareas pendientes en grandes ciudades, pueblos y especialmente en las diversas etnias indígenas del mundo actual.

¹⁰Lamo de Espinoza Emilio; González García José María; Torres Cristóbal, *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Alianza Editorial, Madrid, 1994, Reimpreso en 2002, pp. 632.

1.2. Consolidación de la sociedad del conocimiento

Indudablemente la consolidación de la sociedad del conocimiento se debe a la cantidad y alcance de las innovaciones tecnológicas que han venido ocurriendo de finales del Siglo XX y hasta principios del Siglo XXI. En este apartado revisaremos que el fenómeno precursor de las innovaciones tecnológicas ha sido la acumulación del conocimiento en las técnicas para mejorar y satisfacer las diversas necesidades que la sociedad va adoptando.

Hoy más que nunca sigue vigente la sabia frase del filósofo Griego Heráclito de Éfeso, *“todo se mueve y nada permanece y en el mismo río no nos bañamos dos veces”*¹¹, que en la modernidad hemos interpretado como *“el mundo se encuentra en flujo perpetuo y nada permanece en él”* ó *“nada es permanente a excepción del cambio”*¹².

Desde los albores de la humanidad, han existido cambios continuos en la forma en la que las distintas sociedades han concebido al mundo, se han adaptado a él y han desarrollado diferentes medios para producir los bienes y servicios que han requerido primero, para su supervivencia, y enseguida para su bienestar, en una búsqueda de progreso permanente. De ahí que sabemos que los cambios sociales siempre han estado relacionados con los cambios tecnológicos y viceversa.

Por muchas centurias las sociedades humanas vivieron dentro de una economía agrícola y comercial con producción semi-artesanal de bienes. Dentro de este esquema hubo distintas variaciones, el primer cambio notable se dio a finales del siglo XVIII con la revolución industrial, que como ya ha sido mencionada, dio origen a diversas máquinas y mecanismos inventados y desarrollados para realizar las tareas más diversas requeridas por la sociedad, optimizando los tiempos de producción y costos. El máximo desarrollo de los

¹¹ Hernán, Martínez Millán. “Heráclito: el Despierto. Nova Tellus”, Vol. 28, No. 1, Universidad Nacional Autónoma de México, México, Marzo-Abril de 2010, pp. 51-72

¹² C. L. Sanchez C. “La tradición interpretativa platónica sobre Heráclito: el Cratilo y la doctrina del flujo perpetuo”. Tesis de Magister en Filosofía No. 438304 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Filosofía. Bogotá D. C. 2009, pp. 24.

procesos de manufactura y transformación se dio durante la primera mitad del Siglo XX. Sin embargo, siguiendo una tónica cíclica, el siguiente cambio tecnológico de envergadura se gestó a mediados del siglo pasado en el área del procesamiento de datos.

ENIAC, el primer computador numérico de la Universidad de Pensilvania que trabajaba con válvulas de vacío o bulbos, fue presentado al público el 15 de febrero de 1946. Poco después, en 1947 en los Laboratorios Bell se desarrolló el primer transistor cuya patente de invención fue concedida a William Shockley en 1951; es decir, iniciando la segunda mitad del siglo XX. En unos cuantos años estuvieron disponibles en el mercado las más diversas aplicaciones basadas en sistemas electrónicos, lo que motivó nuevamente la modificación de los hábitos sociales de consumo, de comunicación, de aprendizaje, de producción de bienes y servicios y aún cambios en sus estereotipos culturales; el intenso e incesante cambio tecnológico provocó a su vez un intenso cambio social.

Hacia mediados de la década de los años 70 estuvieron disponibles en el mercado los primeros microprocesadores que dieron origen a finales de esa misma década a la computadora personal (PC). En breve las distintas empresas y corporaciones productoras y usuarias de equipos y sistemas se dieron a la tarea de estandarizar los protocolos de comunicación provocando que se diera el fenómeno de convergencia en las tecnologías de control, de comunicaciones y de electrónica.¹³ Una de las tecnologías más conocidas, cuya viabilidad técnica y comercial fue propiciada por este fenómeno de convergencia fue la telefonía celular.

Con estos antecedentes, hacia finales del siglo XX en plena “sociedad de la información”*, se realizó el lanzamiento al mercado de Internet, que es tal vez la más representativa o conocida de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

La Internet, que es la red de redes mundial (*world wide web*), haciendo uso de los sistemas de comunicaciones satelitales y de fibra óptica de banda ancha, provocó un

¹³F., Saito. “Managing technology development at *NEC Corporation Int. Jour. Tech. Management* . Vol. 14, Nos.2/3/4, 1997 pp.196-207.

*En mi opinión, se entiende como “Sociedad de la Información” al establecimiento de las tecnologías de información y comunicación (TIC) en la cotidianidad de las relaciones sociales, culturales y económicas de la humanidad eliminando las barreras del tiempo/espacio, todo ello se resume en comunicación y difusión de la información.

cambio aún más vistoso que los previos, dando origen a la singular sociedad de la información y convirtiendo al mundo en una aldea global.^{14*}

Aunque desde el siglo XVIII ya se reconocía la relación entre la economía y el conocimiento que dio origen a la Revolución Industrial, no fue sino hasta principios del siglo XXI que con la nueva transformación estructural que estaba dándose a nivel mundial, la sociedad de la información se convirtió en la sociedad del conocimiento basada en la economía del mismo nombre. La característica principal de la sociedad del conocimiento es la forma en la que se incorpora el conocimiento en los individuos, las organizaciones y las empresas, o bien en máquinas o artefactos.¹⁵ Es así como llegamos a la segunda década del siglo XXI, en la que nuevamente se están dando permanentemente cambios tecnológicos y sociales debido a que, como visualizó Drucker, “el conocimiento se ha convertido en factor productivo, al lado del capital y del trabajo y en el insumo más importante tanto cualitativa como cuantitativamente de las unidades productivas económicas”¹⁶.

De acuerdo con Michalski et al., “*el mundo se encuentra en un momento histórico muy peculiar, nuevamente en el umbral de dramáticas transformaciones económicas y sociales que se impulsarán con base en los nuevos productos y aplicaciones del conocimiento producto de las áreas de investigación y desarrollo emergentes*”¹⁷. Esta postura concuerda con Joseph Coates, uno de los principales investigadores del futuro de la ciencia y la tecnología de nuestros tiempos, quien ha propuesto que las principales áreas de investigación en ciencia y tecnología en las que están previstas innovaciones de ruptura para la primera mitad de éste siglo serán las siguientes: la ingeniería genética, la ciencia y tecnología del cerebro, las ciencias computacionales, la ciencia de los materiales, la

¹⁴ M., Mc. Luhan. *Understanding media: The extensions of man*. Harper & Row. New York, 1994. Pp. 74.

¹⁵ T. L., Corona, V. J., Jasso. “Enfoques y características de la sociedad del conocimiento: Evolución y perspectivas para México” en *Innovación en la Sociedad del Conocimiento*. Sánchez, D. G., (Coord.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Red de Investigación y Docencia en Innovación Tecnológica. 2005 pp. 34-38.

¹⁶ Peter, Drucker. “From Capitalism to Knowledge Society”. En *The Knowledge Economy*, Neff, D. Ed. Woburn Butterworth, 1998, pp. 46.

¹⁷ W. Michalski, R. Riel Miller and Barrie Stevens B. “Anatomy of a Long Boom”. En *The Future of the Global Economy: towards a long boom?* OCDE. 1999.

*En mi opinión, se entiende como “Aldea Global” al nuevo paradigma de dependencia social con las tecnologías de la información; actualizando, innovando y comunicando a los diferentes actores internacionales, eliminando las barreras del espacio y tiempo, que como resultado da una sociedad globalmente encapsulada por las TIC.

construcción de nano dispositivos, energía, tecnologías del espacio y ecología, por último el medio ambiente¹⁸.

Por su parte, el gran futurólogo James Martin coincide con este pensamiento ya que indica que posiblemente en un par de décadas las plataformas tecnológicas dominantes serán las llamadas “*tecnologías de la vida, la salud y medio ambiente*”¹⁹.

Entonces queda claro que desde finales del siglo pasado y hasta la fecha se han desarrollado intensamente diferentes disciplinas científico-tecnológicas; dentro de este contexto, existe un fenómeno emergente relevante que es digno de estudio: uno de los campos del conocimiento que ha tenido una mayor dinámica de desarrollo y que según muchas organizaciones participará en la solución de varios de los problemas actuales tales como el desempleo, la malnutrición y las enfermedades, es la *biotecnología*²⁰.

A nivel mundial se ha visto un intenso cambio en esta área del conocimiento durante las últimas décadas, por lo que se prevé que posiblemente muchos de los problemas se transformarán en oportunidades de desarrollo y podrán resolverse con la aplicación del conocimiento emergente y las innovaciones biotecnológicas.

Entonces, podemos aseverar que la intensidad del cambio tecnológico y de las innovaciones tecnológicas ocurridas durante fines del siglo pasado y principios del presente consolidaron a la sociedad del conocimiento y han tenido efectos muy importantes en la transformación de las personas y de sus sociedades.

¹⁸ Joseph, F.Coates. “Future Innovations in Science and Technology” en *The International Handbook on Innovation*. Larisa V. Shavinina Ed. Elsevier Science Ltd., 2003 p.1171.

¹⁹Martin James;The meaning of the 21st Century: a vital blueprint for ensuring our future. Riverhead Books, Penguin Group, New York., 2006, PP. 429.

²⁰OECD International Futures Project on “*The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*”. OECD International FuturesProgramme., 2007 pp.52

1.3. La biotecnología, actor fundamental en la sociedad del conocimiento

El siglo XX ha dejado una importante herencia científica y tecnológica en la sociedad internacional actual; a fines de este siglo ocurrieron diversos sucesos que provocaron cambios en diversas ramas de la tecnología y que han sido la base de las innovaciones que están surgiendo en el presente y que aparentemente propiciarán una evolución que nos llevará a un futuro sin precedentes.

Para entender este fenómeno debemos considerar que en principio, el objetivo principal de la tecnología a lo largo de la historia ha sido buscar respuesta a los problemas humanos; sin embargo, hoy en día los mismos dispositivos tecnológicos se han convertido en diversas necesidades creadas para las nuevas generaciones. Sabiendo que los grandes cambios económicos de la historia han sucedido cuando ha existido la concurrencia de una serie de fuerzas tecnológicas-sociales que a su vez crean nuevos sistemas de producción y nuevas necesidades de productos en la vida diaria, entonces debemos considerar que una de las áreas tecnológicas que han tenido y tendrán un gran impacto en la sociedad moderna y del futuro cercano, es la biotecnología.

Según Jeremy Rifkin en su libro *“El siglo de la biotecnología”* los siete elementos que forman la matriz operativa del siglo XXI, en el que, según el autor, regirá la biotecnología como actor fundamental, son los siguientes:

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 del ADN recombinante y otras biotécnicas pudieron los científicos y las empresas biotecnológicas aplicar a fines económicos concretos recursos genéticos, manipularlos y explotarlos.

Segundo: La controvertida 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 reemplazar la pauta evolutiva de la naturaleza. La industria mundial de las ciencias de la vida está empezando ya a ejercer un poder sin precedentes sobre los vastos recursos biológicos del planeta.

Cuarto: El mapa de los genes que comprende el genoma humano, los nuevos avances en el cribado genético, como los chips de ADN, la terapia génica somática y la inminente ingeniería genética de los óvulos, el espermatozoides y las células embrionarias humanas están preparando el camino para la alteración completa de la especie humana y el nacimiento de una nueva 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 a la crianza, le ofrecen un contexto cultural a la aceptación general de las nuevas biotecnologías.

Sexto: Las técnicas de la computación, comunicación (TIC) y la ingeniería genética se funden en una nueva, extraordinariamente poderosa realidad tecnológica.

Séptimo: 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 reorganizar la economía y la sociedad es una ampliación de los principios y prácticas de la propia naturaleza.

1.4. Las nuevas tendencias económicas previstas en la sociedad del conocimiento

Otro aspecto que debemos considerar es que en la sociedad del conocimiento han cambiado las formas de producción y el intercambio de bienes y servicios y en consecuencia la forma en la que se están dando las relaciones humanas.

En la sociedad emergió la nueva economía del conocimiento soportada en la información y las tecnologías de comunicación. Al igual que sucede con el concepto de plataformas tecnológicas, en la economía del conocimiento siguen vigentes los diferentes factores de producción del pasado base de los sistemas de producción de bienes y servicios tradicionales, y se reconoce al conocimiento como el factor de la producción emergente que poco a poco cobra un papel muy relevante que en combinación con la tendencia mundial de búsqueda de la convergencia tecnológica absoluta generará una combinación muy poderosa para que florezca la innovación y la sociedad evolucione en formas aún no previstas en el tiempo y el espacio del siglo XXI.

Vale la pena mencionar que las relaciones entre la sociedad, la ciencia y la técnica no siempre se dan a través de procesos de convergencia sincrónicos, algunas veces esto sucede en forma diacrónica lo cual es un aspecto que está resultando determinante en el desarrollo de los pueblos ya que los mismos deben ser capaces de asimilar y adaptarse a las nuevas tecnologías o desarrollar conocimiento emergente en tiempos muy reducidos. Esto implica que hay que tener cuidado en observar y desarrollar las capacidades sociales necesarias para abordar la demanda tecnológica del presente y del futuro. Dice Castells:

“...En efecto, la capacidad o falta de capacidad de las sociedades para dominar la tecnología, y en particular las que son estratégicamente decisivas en cada periodo histórico, define en buena medida su destino, hasta el punto en que podemos decir que aunque por sí misma la tecnología no determina la evolución histórica y el cambio social, su posesión, o su carencia, plasman la capacidad de las sociedades para transformarse así como los usos a los que esas sociedades, siempre en un proceso conflictivo, deciden dedicar su potencial tecnológico.”²¹

Cuando esta capacidad y este compromiso se asumen en las actitudes y valores de los ciudadanos y los grupos sociales de una nación, las nuevas tendencias económicas poco a poco se vuelven parte de las características ciencia-cultura de la sociedad. De tal forma que debemos estudiar cuales son las áreas científico-tecnológicas de mayor crecimiento en

²¹Castells, Manuel; *La era de la información. Economía, sociedad y cultura I. La sociedad red; Siglo XXI*, Edición 4, 2000; pp. 592.

los albores del siglo actual para realizar acciones como sociedad en búsqueda de su dominio.

Cuando se realiza un monitoreo tecnológico simple incluyendo solo artículos de revistas, documentos de mercado, reportes periodísticos, parece que las ciencias de la vida, en específico la biotecnología, están evolucionando a tal ritmo que tomarán un lugar tan o más importante que el de otras áreas del conocimiento predecesoras en cuanto a su impacto tecnológico y económico, tales como la física o la química, entre otras. Así que debemos estar pendientes de los nuevos espacios de confluencia que se están dando entre los científicos, investigadores y técnicos que en conjunto generarán nuevas dimensiones tecnológicas para el avance social.

Pero el avance científico-tecnológico no es lo único que afecta y transforma a las sociedades, el fenómeno también incluye los gradientes que se dan en las variables de los sistemas económicos. Por ejemplo, es notable que en los momentos actuales en los que prevalece la economía del conocimiento, se presenten recesiones económicas en diferentes países del orbe, situación que lleva a la nueva economía mundial a atravesar una crisis de adaptación.

Para hacer frente a la situación de intensa competencia mundial tratando de disminuir sus desventajas comerciales y evitar las crisis en la economía del conocimiento, diferentes países en el orbe se han agrupado en comunidades económicas al mismo tiempo que luchan por incorporar el conocimiento como activo o recurso crítico en los procesos económicos de sus diversas organizaciones. Una nueva particularidad de las Relaciones Internacionales ha sido el establecimiento de alianzas estratégicas y/o alianzas Tecnológicas tanto entre los países como entre las organizaciones productivas de los mismos.

En esas alianzas cada uno de los participantes aporta sus ventajas competitivas, y/o comparativas, geográficas, comerciales, sus patentes de nuevos procesos o productos, su dominio tecnológico, o bien su cobertura de mercado, entre otras cosas. En esta nueva estructura de relaciones a nivel mundial, indudablemente que aquellas naciones que tengan

el dominio de las plataformas tecnológicas emergentes serán líderes en el desarrollo de nuevas formas de innovación y del lanzamiento de nuevos productos.

En ese sentido, hay que señalar que a lo largo de la primera década del Siglo XXI se ha venido dando un nuevo *sistema de innovación abierta* caracterizado por el uso intensivo de las tecnologías de la información y las comunicaciones; tales como las redes de telecomunicaciones, de Internet, la telefonía celular, etc. La génesis de este proceso fue el establecimiento de las alianzas estratégicas entre diferentes organizaciones de una misma comunidad económica y la integración del conocimiento aportado por cada uno de los aliados, usando también sus ventajas competitivas y/o geográficas para crear nuevos productos y servicios que en el momento oportuno son lanzados al mercado mundial. Todo este ciclo promueve finalmente las economías locales de los aliados y las de sus comunidades económicas en un ciclo continuo que apunta a la sostenibilidad.

Pero ¿qué está sucediendo en este esquema de alianzas tecnológicas y económicas? Al revisar someramente las bases de datos de patentes internacionales, se observa que al final de la centuria pasada en las notables comunidades económicas mundiales, tales como la Unión Europea, los países firmantes del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), han forjado grandes monopolios y alianzas estratégicas en temas innovadores que protegen con; éstos son los relacionados con las ciencias de la vida, el comportamiento humano, el genoma humano, los códigos genéticos de los seres vivos, los progresos de la neurociencia y por supuesto el estudio de la biotecnología agrícola, medioambiental y de alimentos.

Este indicador nos dice que las innovaciones tecnológicas están dirigidas a una nueva tendencia económica y, por lo tanto, de acuerdo con lo previamente expuesto, causarán grandes transformaciones sociales por lo que es muy importante tomar en cuenta esta situación para enfocar adecuadamente el desarrollo científico y tecnológico que es necesario promover en este nuevo siglo en nuestro país.

En general, para que los países en vías de desarrollo se preparen para este escenario mundial, se requiere preparar líderes capaces de realizar la gestión de la inteligencia, del talento, del conocimiento, y de la conciencia humana de quienes conforman la población

económicamente activa de los países orientando el desarrollo científico, tecnológico y productivo hacia los nuevos temas de interés para las ciencias naturales y las ciencias sociales, según el escenario antes mencionado.

Varios estudios coinciden en que a lo largo de la historia las tendencias económicas mundiales se han impulsado con las innovaciones tecnológicas, por lo que resulta relevante descubrir o inferir cuál será la tendencia de la ciencia y la tecnología predominante durante las siguientes décadas, así como prever el impacto que tendrán en la economía mundial. Los trabajos de investigación y de desarrollo tecnológico darán origen a nuevas plataformas tecnológicas y a nuevas tendencias económicas globales.

En la parte central de la Figura 3, puede verse que muchos estudios prospectivos indican que hacia el año 2030 se prevé el crecimiento sostenido de los productos biológicos de alto valor agregado y de las industrias basadas en estos, así como la disponibilidad y la aplicación comercial de los chips biológicos poco a poco dará lugar a la bioconvergencia, tendencia tecnológica que provocará el cambio hacia un nuevo sistema económico, la bioeconomía.

1.4.1. Análisis del escenario mundial actual para la prospección

Para realizar la planeación estratégica de las áreas científico-tecnológicas y proponer acciones para enfocar los esfuerzos de los diferentes actores que participan en la economía y en la conducción de los sistemas sociales de nuestro país, se requiere de al menos un ejercicio prospectivo para la identificación de escenarios. El punto de partida del ejercicio de prospección es la definición del periodo de análisis a partir de la situación global actual. Normalmente el periodo de tiempo usado para el análisis depende del objetivo del mismo, el cual es establecido por el investigador o por el equipo de investigación. Así, para analizar la forma en la que el desarrollo de tecnologías disruptivas que han impactado la evolución

de la historia humana, Orloff²² dividió la historia humana en periodos de 40 años, argumentando que este tiempo es la vida útil del individuo promedio.

Por otra parte, en la conocida *teoría de ondas o ciclos largos para el desarrollo económico de Kondratieff*, escritores como Modelsky²³ y Nefiodow²⁴ coinciden que se ha encontrado que a lo largo de la historia humana cada ciclo de desarrollo económico u "onda larga" ha tenido una duración de 50 años en promedio considerando tanto la cresta de subida como el valle de la onda.

Si por otra parte sabemos que 25 años que es la duración de un periodo generacional, automáticamente queda definido que se requiere de al menos dos generaciones para cada ciclo u "onda larga" de desarrollo económico.

Además, la historia reciente demuestra que 25 años es un periodo de tiempo suficiente para observar la maduración de los desarrollos y productos emergentes resultado del nuevo conocimiento científico y tecnológico y anticipar la forma en que los mismos se lanzarán, se difundirán e influirán en los mercados de la siguiente generación.

Finalmente, diversos autores entre ellos McNeill²⁵, coinciden en que el periodo de tiempo más adecuado para realizar estudios de pronóstico científico y tecnológico es de entre 20 a 25 años. Por las razones mencionadas, éste será el tiempo de análisis que nosotros estableceremos para nuestro trabajo, cuyo objetivo fundamental será ver cuál será la influencia de la intensa dinámica de cambio que están sufriendo los gradientes de las variables tecnológicas y económicas mundiales en nuestro país y tratar de proponer algunas acciones anticipatorias de ajuste.

En primer lugar es menester revisar la situación de los países en vías de desarrollo dentro de este contexto. Como sabemos, actualmente las perspectivas de desarrollo industrial propio para los países de economías intermedias son muy limitadas. El nuevo esquema de innovación abierta ha provocado el estancamiento generalizado de las micro,

²²Orloff, Michael. *Inventive Thinking Through TRIZ*. Berlin: Springer. 2006.

²³Modelski, G. *Long Cycles in World Politics*, London: Macmillan. 1987.

²⁴Nefiodow, L. A., *The Health Market as a Motor for Future Economic Development; The New Long Business Cycle of the World Economy*, 2013. Disponible en <http://www.kondratieff.net/.html> consultado 13 abril 2013

²⁵McNeill; "The Rise of the West after twenty five years," at *Journal of World History* Vol.1 (1).1990.

pequeñas y medianas empresas (MIPYMES), que en el caso de México conforman más del 98% de la planta productiva nacional. Solo en las empresas grandes hay indicios de recuperación en el mundo industrializado, y éstas han encontrado vías de incorporación a la economía global. Por su parte las MIPYMES han reducido considerablemente sus oportunidades de exportación hacia el Tercer Mundo. Esta situación aunada al creciente costo de las importaciones y la reducción de flujos de inversión, está generando presiones insostenibles sobre las economías ya débiles plagadas de deudas. Al mismo tiempo la revolución electrónica y la convergencia de las tecnologías de la información y las comunicaciones, parece haber ampliado la brecha tecnológica hasta niveles insuperables.

Hay indicios que indican que el período actual puede identificarse como una transición en las ondas de los ciclos largos económicos; es decir, aparentemente estamos en el momento del punto de inflexión de la curva. Las tecnologías de dispositivos electrónicos que condujeron el crecimiento económico mundial de los años cincuenta y las tecnologías de comunicaciones tales como la Internet y la telefonía celular que favorecieron la revolución de la información de principios del siglo XXI aunque propician la aparición de varios modelos de teléfonos celulares, laptops y tabletas electrónicas por año, pronto alcanzaran su nivel de estancamiento.

Necesariamente las empresas líderes que impulsarán la economía a escala mundial, preparan el camino de una nueva onda tecnológica a través de la cual se realizará la transición de las variables económicas y sociales en el contexto internacional que dinamizarán la economía. Además, no cabe duda que la economía basada en tecnologías de producción basadas en el petróleo barato se encuentra en un proceso de agotamiento. Poco a poco se está dando una transformación de los procesos químicos a los procesos biológicos.

Ello implica también que el presente es precisamente el tiempo de creación de esas condiciones futuras y que todos los actores sociales, incluyendo los países en desarrollo, pueden y deben tomar parte en ese complejo y sin duda conflictivo proceso de cambio.

Para emprender con éxito esta tarea es necesario identificar el nuevo ámbito del futuro posible. Mientras más profunda sea la comprensión de las potencialidades y

limitaciones del nuevo paradigma tecno-económico, mayores serán las posibilidades para moldearlo de manera imaginativa y efectiva a través de innovaciones en las esferas sociales e institucionales.

Entendemos entonces, que el proceso de avance tecnológico, en términos de producción de conocimientos e invenciones favorece a la innovación por medio de la aplicación y difusión de técnicas específicas en la esfera productiva. La disposición para asimilar, absorber o requerir nuevas tecnologías varía significativamente según las condiciones económicas, de cada país e incluso de cada empresa. Los tipos de soluciones técnicas y tecnológicas que serán exigidas a las empresas por la nueva economía serán de distinta naturaleza en función de los diversos factores internos y externos que afectan la productividad, la rentabilidad y los mercados. Otro factor de influencia decisiva serán las políticas que sean establecidas por las instituciones gubernamentales encargadas de conducir el desarrollo económico.

1.4.2. Las ondas Kondratieff u ondas de ciclos largos de desarrollo económico

La teoría de ondas, olas o ciclos largos de desarrollo económico dentro de la sociedad internacional, se debe al economista ruso Nikolái Dmítrievich Kondratieff²⁶ que dio pauta a las diversas discusiones en las que se tomaba como tema de estudio la relación entre el desarrollo social y las innovaciones tecnológicas.

El principal trabajo de Kondratieff sobre las ondas largas se realizó en 1920 cuando él laboraba como director del Instituto de Investigación del Ciclo Business en Moscú. De su tesis se distinguen tres tipos de ciclos de tiempo que relacionan la innovación tecnológica con el desarrollo económico: los primeros, de cincuenta años llamados de larga duración, los medianos que van de siete a diez años, y los cortos que comprenden de tres a cuatro

²⁶Kondrátiev, Nikolái D. 1935: "Los grandes ciclos de la vida económica"; *Ensayos sobre el Ciclo Económico*: 35-56; Gottfried Haberler compilador. Fondo de Cultura Económica, México, 2ª ed. 1956.

años. Su análisis abarca el período de 1770 a 1920 y sus ciclos largos se dividen en una serie de cuarenta a sesenta años.²⁷

Es muy interesante notar que aunque existen ondas económicas de distintas frecuencias, las ondas envolventes principales tienen ciclos recurrentes de cerca de cincuenta años en los que el crecimiento económico se explica a partir de la difusión de sucesivas revoluciones tecnológicas, cada una de las cuales representa incrementos muy importantes en la productividad potencial de prácticamente todos los sectores del aparato económico. Posiblemente la causa de la forma cíclica del proceso es que después del impulso inicial para la economía provocado por el conjunto de innovaciones tecnológicas de la revolución tecnológica en curso, la economía mundial alcanza en unas décadas una nueva cima mientras que poco a poco se reestructura el marco socio-institucional, tanto en el plano nacional como en el internacional.

Una vez que la onda de impulso económico se estabiliza y la sociedad se adapta al uso permanente de las nuevas tecnologías, nuevamente decrece el movimiento económico hasta que se alcanza el valle de la onda. Sin embargo, durante todos estos años, en la actualidad tanto las empresas establecidas como muchas nuevas, así como diversas instituciones de investigación y desarrollo a nivel mundial han estado generando nuevas tecnologías en la búsqueda del progreso y bienestar humano, las cuales al ser lanzadas al mercado dan inicio a un nuevo ciclo económico. Notablemente las transformaciones sociales e institucionales que acompañan al proceso económico determinan el “modo de crecimiento” de la siguiente onda larga.

De esta manera, una onda Kondratieff se puede definir, como el auge y caída de un modo de crecimiento y crisis tecnológica así como la ardua transición de un modo de crecimiento económico al otro. A continuación en la siguiente figura se da un ejemplo de lo anterior para mayor explicación.

²⁷N.D. Kondratieff, *Die langen Wellen der Konjunktur*, Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik, December 1926, pp. 573-609

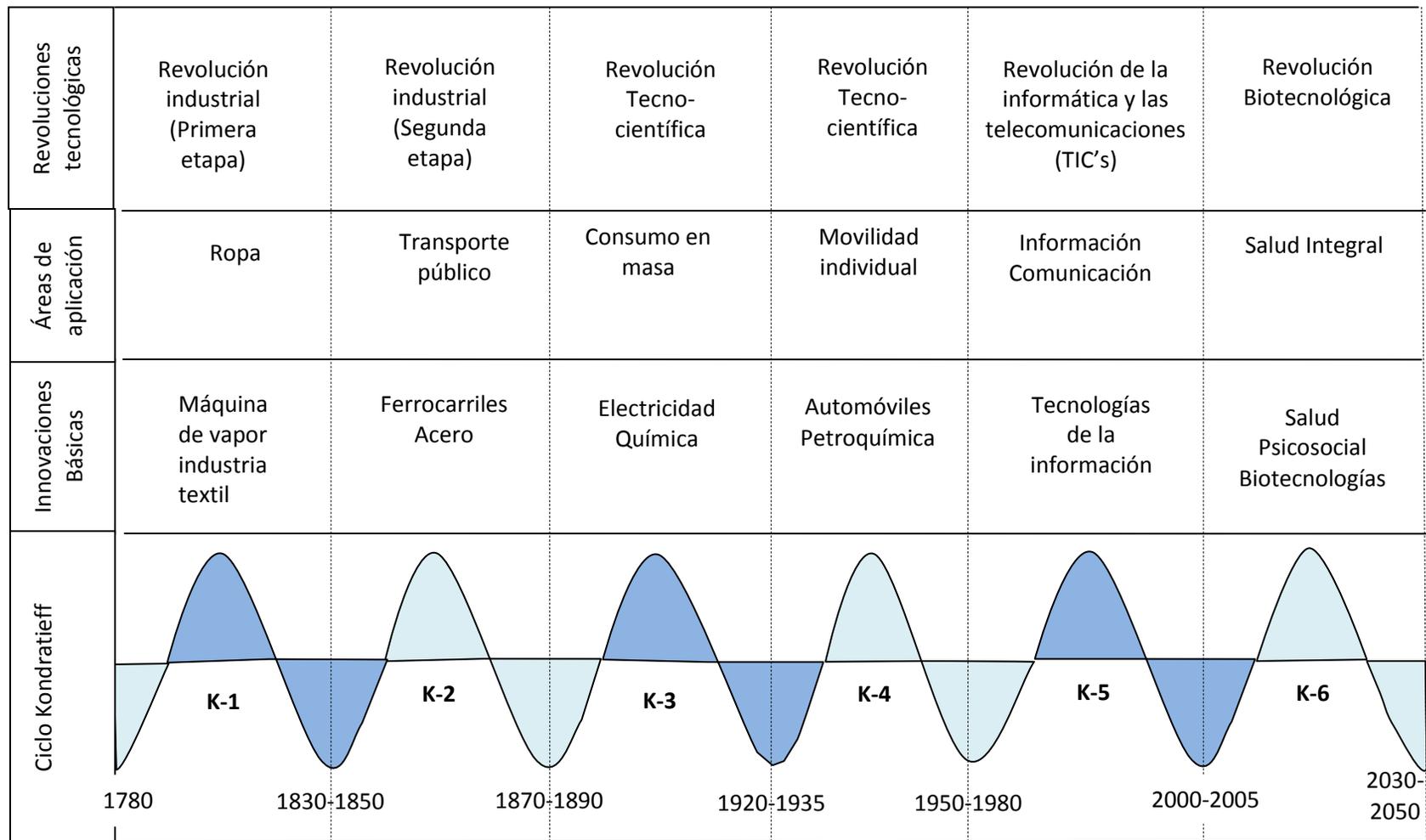


Figura 5. Innovaciones básicas y áreas de aplicación del periodo 1780-2005 DC, ondas Kondratieff K-1 a K-6
Elaborado a partir de Nefiodow²⁸.

²⁸Nefiodow, L. A. *The Sixth Kondratieff*. (En línea) <http://www.kondratieff.net/11.html>, Consultado 07 julio 2013.

En la Figura 5, desarrollada a partir de la propuesta de Nefiodow, podemos ver que las innovaciones básicas y las áreas de aplicación del periodo de la historia mundial 1780-2005 DC, produjo las ondas Kondratieff K-1 a K-5.

El primero de los ciclos definidos por Kondratieff, reconocido después en los trabajos de Schumpeter, fue el provocado por la era del carbón y el vapor (1780 - 1840), que fue facilitado por la primera ola de la revolución industrial, seguido de la edad de los ferrocarriles y la producción en serie (1840 - 1890), posteriormente la segunda revolución industrial y la era de la electricidad (1890 - 1940), el inicio de las cuales fue la llamada revolución técnica²⁹.

Como resultado de investigaciones posteriores se agregó una cuarta ola, la edad de la electrónica y la microelectrónica (1940 - 80), la cual dio inicio con la llamada revolución científica-tecnológica. Actualmente vivimos la quinta ola o ciclo económico largo, el cual comenzó alrededor de 1980, con el advenimiento de ola de tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC's) la cual se ha denominado como revolución informática y de las telecomunicaciones³⁰.

Hacia el año 2013 la quinta ola económica ha cursado aproximadamente unas tres décadas, el individuo promedio se ha acostumbrado al uso de la computadora personal, el Internet de segunda generación y los teléfonos celulares que son verdaderos computadores dedicados a través de los cuales es posible mantener una conexión permanente con el resto del mundo haciendo uso de la conexión ubicua a Internet que es permitida por las redes satelitales extendidas.

Sin embargo, dado que cada año son lanzados al mercado por lo menos cuatro o cinco versiones diferentes de computadoras laptop, notebook, tabletas, palm, y gadgets; entre muchos otros artefactos y dispositivos tecnológicos, poco a poco el mercado mundial se está saturando y cada vez es más difícil para los productores de estos artefactos ofrecer

²⁹Duijn, JJ van, *La onda larga en la vida económica*, Londres, George Allen and Unwin, 1983, p.163

³⁰Freeman, Christopher, *La revolución de la computadora en los largos ciclos de desarrollo económico*, Munich, Carl Friedrich von Siemens Foundation, 1985, p.17

características innovadoras en sus productos que sean capaces de nuevamente impulsar y dinamizar la economía mundial a gran escala. En otras palabras, existe una sensación de que posiblemente nos encontramos en la parte baja de la onda del ciclo largo económico por lo que se está preparando el terreno para la nueva avenida. Pero ¿cómo saberlo? ¿Cómo medirlo?, si se trata de macro procesos a escala mundial que se dan en enormes escalas de tiempo.

1.4.3. Evolución de las tendencias económicas a partir de las innovaciones tecnológicas

Tal vez los mejores indicadores que podemos utilizar para prever el futuro son las últimas innovaciones, que son los inventos que han logrado difundirse e impactar el mercado y las patentes que protegen legalmente tanto a los productos que ya constituyen una innovación, como aquello que lo serán en el futuro.

Según Soonwoo³¹, a la fecha se han publicado en el mundo unas cuarenta millones de patentes y cada año se agrega un millón adicional de las mismas. Pero, ¿hacia dónde apunta el futuro?

Leo A. Nefiodow³², considera que el sector salud será el nuevo motor de la economía mundial y parece que si usamos como indicadores las patentes y la actividad innovadora, se demuestra que posiblemente así será. En la figura 6 que se presenta a continuación se formó *una muestra* de las innovaciones básicas y de las patentes que se han dado en los últimos años; es decir, en el periodo 1950 a 2005 DC, periodo que corresponde a la onda Kondratieff K-5.

³¹SoonwooH., *The magic of patent information*. Disponible en: http://www.wipo.int/sme/en/documents/patent_information.htm, consultado 30 julio2013

³²Nefiodow, L. A., *Der sechste Kondratieff. WegezurProduktivität und VollbeschäftigungimZeitalter der Information*. Sankt Augustin; Sixth Edition, 2006, pp. 317. ISBN 3-9805144-5-5

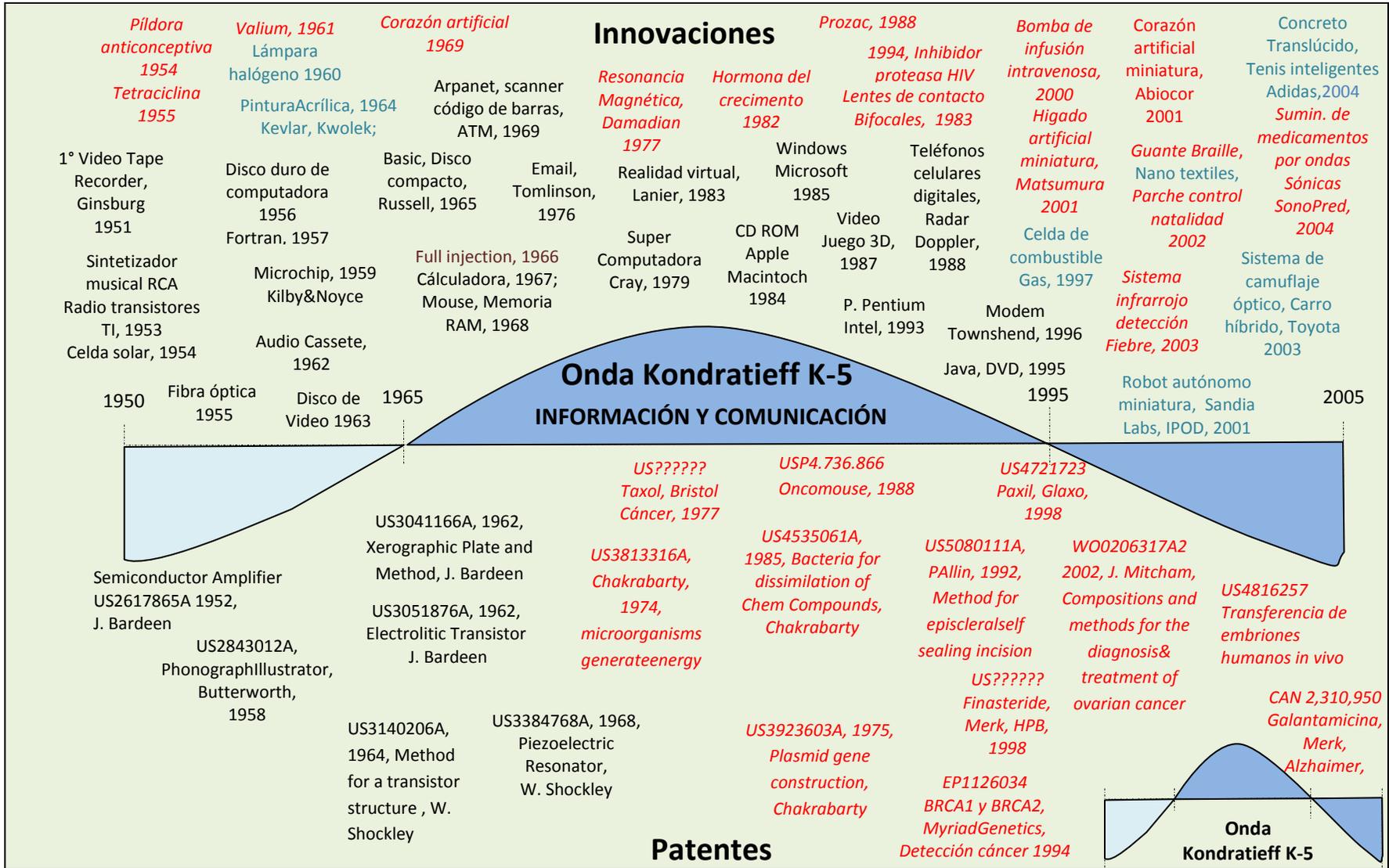


Figura 6. Innovaciones básicas y patentes onda Kondratieff K-5. (Elaboración propia)

En esta figura podemos ver que la parte alta de la onda K-5 se dio aproximadamente entre 1965 y hasta 1995, mientras que las innovaciones y las patentes en color rojo y letra cursiva señalan que ha habido una actividad intensa e incesante de invención y patentes en los temas relacionados con temas médicos y de la salud, específicamente procesos biotecnológicos, dispositivos e instrumentos para diagnóstico y cirugía, tratamientos médicos, procedimientos de cirugía, así como patentes de medicamentos y de genes o ingeniería genética³³.

Existe un nuevo campo creciente que es el correspondiente al mercado de la salud, dentro del cual se incluyen los siguientes campos tecnológicos: instrumentos para análisis de material biológico, instrumentos de tecnología médica, biotecnología y farmacia; sin embargo, es muy posible que una buena parte de patentes de los campos de la química, materiales y alimentos tengan como destino el mercado de la salud.

Por la razón anterior, como resultado del análisis realizado en este capítulo se propone la hipótesis de trabajo de que el crecimiento y fase de sostenimiento de la onda K-6; es decir, el desarrollo de la próxima onda larga o ciclo económico será impulsada por procesos biotecnológicos para los mercados de la salud, principalmente en los campos de la biotecnología aplicada a la industria, a las tecnologías verdes, a las tecnologías alimentarias, etcétera. Finalmente si la teoría de Kondratieff es consistente, como parece serlo, estamos en la víspera de una nueva revolución del conocimiento biotecnológico clave de un desarrollo bioeconómico.

³³Verkey, E., "Patenting of medical methods" *En need of the hour Journal of Intellectual Property Law & Practice*, 2007, Vol. 2, No. 2, pp.104-113.

CAPÍTULO 2

2. La biotecnología como factor de desarrollo económico

Diversas experiencias en el mundo durante las dos últimas décadas han mostrado que los países y regiones que resuelven la relación entre conocimiento, tecnología e innovación despegan en su productividad y crecimiento económico. En la segunda parte de este trabajo estudiaremos la situación de la biotecnología en el mundo y su papel como factor del desarrollo económico mundial.

Es paradójico que quienes desean predecir, entender o reaccionar a los futuros tecnológicos deben comprender factores del cambio que van mucho más allá del ámbito de la ciencia y la tecnología. Por ello se debe echar mano de una gran gama de áreas de especialización que no sólo incluyen el estudio sistemático de la ciencia, las ciencias sociales e incluso las humanidades, sino que además deben esforzarse por capitalizar la experiencia de quienes tienen un vínculo más directo con la economía y la sociedad en el sector industrial, gubernamental y otros.

No basta con que haya investigadores para realizar investigación tecnológica, además se requiere desarrollar instituciones e infraestructura para que dichos actores puedan canalizar sus conocimientos y experiencias de manera creativa.

La biotecnología tiene como objetivo desarrollar técnicas y tecnologías para satisfacer las nuevas necesidades sociales que la población mundial demanda en la actualidad. Estas innovaciones traerán un intenso desarrollo económico y revolucionarán el mercado mundial. La biotecnología es una de las áreas del conocimiento científico de más intensa evolución en las últimas décadas y que mayor impacto ha tenido en el desarrollo de diversos sectores (salud, agrícola, pecuario, medio ambiente, industrial, etc.). Sus aplicaciones involucran e inciden de manera simultánea y novedosa en estos sectores, y vienen alcanzando progresivamente una mayor variedad de acciones y de productos en diferentes ramos de actividad, todos ellos de gran importancia en la economía nacional e internacional, como lo son el farmacéutico, la producción y procesado de alimentos, la industria química y la remediación de ecosistemas, entre otros.

Es así que para aliviar la inmensa carga de pobreza que pesa sobre la humanidad será preciso desarrollar empresas cuyos procesos provoquen el mínimo daño al medio ambiente y a la biodiversidad y que al mismo tiempo tengan capacidad de regeneración. Es decir, una actividad socioeconómica que funcione dentro de la capacidad llevadera del planeta y que deje la menor huella biológica posible. Parece ser que la actividad socioeconómica basada en la ciencia interdisciplinar de la bioeconomía cumple con estos objetivos a través de la cooperación, solidaridad, fraternidad y conservación. Es decir, en el mundo se plantea que las empresas biotecnológicas que sean protagonistas de la bioeconomía darán tanta importancia al capital social y capital biológico como al capital monetario.

2.1 ¿Qué es la biotecnología?

La palabra biotecnología fue acuñada en 1919 por Karl Ereky³⁴, un ingeniero húngaro, que hace referencia a una combinación técnica de las palabras biología y tecnología que ha sido utilizada para referirse a los métodos y técnicas que permiten la producción de sustancias de las materias primas con la ayuda de los organismos vivos. Fue realmente hasta esta fecha cuando el concepto se dio a conocer con tal nombre. De acuerdo con Nathan Rosenberg:

"la biotecnología tiene su gran desarrollo desde el último tercio del siglo XIX con la brillante creación científica de bacteriología de Pasteur, la cual incrementó vastamente el nivel de especialización en el mundo de la medicina."³⁵

Una definición estándar de la biotecnología se alcanzó en el Convenio sobre la Diversidad Biológica en 1992:

³⁴Fári, M. G. y Kralovánszky, U. P. *The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky*; OrsósOttó Laboratory, University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Department of Vegetable. Publicado en International Journal of Horticultural Science. 2006, pp. 9-12

³⁵Rosenberg, Nathan; *Studies science and the innovation process*, World scientific, USA, 2010. Pp. 275.

“Biotecnología se entiende a toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos y procesos para usos específicos”³⁶.

La biotecnología es el nombre dado a un conjunto de técnicas y procesos que usan organismos biológicos; el término biotecnología incluye los siguientes componentes: "bios", "techno" y "logos" de origen griego y que quieren decir “vida”, “arte” y “teoría o concepto”, cada uno.

De las definiciones anteriores se desprende que la biotecnología se ocupa esencialmente a la utilización de microorganismos, células animales y vegetales o sus enzimas para sintetizarla destrucción o transformación (conversión) de diversos materiales para producir productos útiles para diversas necesidades humanas.

El potencial biotecnológico para contribuir al aumento de producción de los alimentos, mejorar la salud humana y animal, mitigar la contaminación y proteger el medio ambiente fue reconocido en la Agenda 21³⁷ del programa de trabajo adoptado por la Conferencia de 1992 de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en Río de Janeiro. En la conferencia mencionada se afirmó que:

"la biotecnología promete hacer una contribución importante al permitir el desarrollo de, por ejemplo, una mejor atención de la salud, mejorar la seguridad alimentaria a través de prácticas agrícolas sostenibles, fuentes mejoradas de agua potable, procesos industriales más eficientes de desarrollo para la transformación de materias

³⁶ *Convenio sobre la diversidad biológica*; Naciones Unidas, 1992, pp. 3

³⁷ *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, República Federativa del Brasil- Junio de 1992*; en Jefatura de Gabinete de Ministros, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable; [en línea]
<http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/ageindi.htm> Consultado el 07 de Junio del 2013

*primas, el apoyo a métodos sostenibles de forestación y reforestación, y la desintoxicación de los desechos peligrosos*³⁸.

Posteriormente, en la versión 2001 del informe de esta conferencia, se expresó que:

*“...el adelanto de la biotecnología agrícola y las nuevas generaciones de productos farmacéuticos que llegan al mercado ha llegado el momento de formar una nueva alianza entre la tecnología y el desarrollo. El Informe sobre Desarrollo Humano, 2001 tiene por objeto servir como manifiesto de esa alianza. Pero también tiene por objeto servir a la política pública a prever que la tecnología no se apropie del desarrollo, sino que en su lugar los posibles beneficios de la tecnología estén arraigados en una estrategia de desarrollo en beneficio de los pobres*³⁹.

A primera vista, parece que la biotecnología no ha cumplido con sus promesas anteriores y ha quedado sin favorecer a un estrato social no privilegiado económicamente. Sin embargo, un estudio más cuidadoso revela avances de la biotecnología en casi todos los grandes campos del desarrollo humano⁴⁰. El ritmo de adopción presenciado en los campos de la biotecnología es consistente con las tendencias anteriores en otras tecnologías genéricas. La velocidad de difusión será más rápida ya que la biotecnología crea nuevos productos que no compiten con las aplicaciones existentes. En el campo de la atención de la salud, por ejemplo, los nuevos métodos de diagnóstico para una amplia gama de expresiones biológicas y no biológicas podrían incluir tales productos biotecnológicos. Sin embargo, el ritmo será lento y posiblemente salpicada por la polémica que la biotecnología tiene por objeto desplazar a los procesos y productos existentes o mejorar la competitividad de determinados productos.

³⁸ Agenda 21, Capítulo 16. El texto completo de la Agenda 21 está disponible en: www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm Consultado el 07 de Junio del 2013

³⁹ *Informe sobre Desarrollo Humano 2001 Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano*, PNUD, Ediciones Mundi-Presa, México, 2001, Prefacio pp. 3

⁴⁰ Pew Initiative on Food and Biotechnology. *Harvest on the Horizon: Future Uses of Agricultural Biotechnology*. Washington, D.C. 2001

Hace dos décadas que los líderes mundiales firmaron la Agenda 21 y desde entonces, varios acontecimientos importantes han ocurrido. En primer lugar algunas instituciones globales como la Empresa Monsanto y su influencia en el sistema de comercio internacional se han convertido en un tema de considerable debate. En segundo lugar, los productos de biotecnología han hecho su debut en el mercado internacional, y ahora es posible evaluar el desempeño de la biotecnología en la economía global. En tercer lugar, los avances en biología molecular señalan la posibilidad de una nueva generación de productos y servicios que no eran imaginables hace una década, finalmente existe la promesa, las perspectivas y los retos asociados con la introducción de la biotecnología industrial y ambiental en la economía global. Por otra parte, a los países en vías de desarrollo como es el caso de México, corresponde desempeñar un papel importante en lo que es claramente un campo emergente, que implica la aplicación más amplia de tecnologías modernas en áreas como la agricultura, la medicina y la industria. Refiriéndose a la confluencia de las biotecnologías modernas y los nichos de mercado que ocupan como "la nueva bioeconomía".

También es posible que surjan nuevas estructuras industriales impulsadas por la innovación tecnológica. La nueva bioeconomía se beneficiará de los avances en otros campos, especialmente la informática, y echará raíces en países y regiones que toman medidas deliberadas para crear un entorno propicio para su adopción. La nueva bioeconomía también será impulsada por consideraciones tales como la sostenibilidad industrial.

La nueva bioeconomía requerirá de la adopción de un nuevo sistema de control e intercambio para el comercio internacional, en el que puedan participar los diferentes países desarrollados y en vías de desarrollo en el nuevo paradigma tecno-económico, de lo contrario, se aventajarán unos de otros por la "brecha genética" y es intensifique la oposición pública a la biotecnología.⁴¹Es probable que esta oposición sea impulsada por presunciones sobre la deformación de los posibles mercados y las disparidades tecnológicas entre las naciones. Los elementos de un sistema de gobernanza comercial deben incluir la

⁴¹Juma, C. The new genetic divide: Biotechnology in a globalizing world. *International Journal of Biotechnology* (forthcoming) 2002

mejora de acceso a los mercados, el desarrollo de la capacidad tecnológica, el acceso a la tecnología, la reglamentación nacional de la biotecnología, y la gestión de los riesgos y beneficios asociados con su uso.

Como se puede apreciar el valor de la biotecnología es grande e importante ya que las sustancias biológicamente activas (antibióticos, vitaminas, enzimas, etc), y la síntesis microbiológica obtenida, se pueden utilizar ampliamente en la medicina, la agricultura, la industria alimentaria, la luz, etc. Con la ayuda de microorganismos a partir de desechos vegetales se puede producir combustible biogás⁴² (mezcla de metano y dióxido de carbono) que lleve a cabo la descontaminación y la expansión de los residuos industriales y domésticos, aguas residuales, la lixiviación de los metales (oro, cobre) de las rocas y los vertederos. Este tema es muy atractivo ante el nuevo mercado puesto que puede resolver los problemas principales de la humanidad enfocándose en la salud y el medio ambiente, asegurar la alimentación y las fuentes de energía, que como ya antes se ha mencionado impulsará nuevas fuentes de desarrollo bioeconómico.

Es necesario prepararse para los cambios que se avecinan en el mundo, y conocer cuáles son las experiencias de impulso a la bioeconomía que llevan adelante algunos países desarrollados para dar respuestas a la demanda mundial de alimentos y combustibles y a la severa reducción de las áreas cultivables que hacen necesaria una economía basada sobre la biomasa.

Ante el nuevo desafío se deben formar recursos humanos para que investiguen cómo obtener alimentos, energía y productos industrializados a partir de material reciclado. En la medida en que se demuestre que la biotecnología y los avances en la producción tienen un efecto positivo sobre la economía y la vida cotidiana de la gente, la bioeconomía ocupará, seguramente, más espacios en las comunidades, que deben aprovechar de forma integral la materia orgánica para que pueda ser empleada como una nueva fuente para el desarrollo.

⁴² Al Seadi, Teodorita; *Biogas Handbook*, University of Southern Denmark Esbjerg; Esbjerg, Denmark, 2008, pp. 60

2.2 El objeto y fin de la biotecnología

Después de la Segunda Guerra Mundial se encontraron nuevas variedades biológicas, con la emergencia y crecimiento de otras ciencias naturales, como la física, la química y las matemáticas, lo que hizo posible describir los procesos de la vida a un nuevo nivel cualitativo enfocado en la célula y las interacciones moleculares, ello principalmente con el afán de encontrar tecnología enfocada a la guerra y a los problemas mundiales como el hambre, el cambio climático y el crecimiento poblacional.

Es así, que como dice Elinov:

“...se dan avances significativos en la investigación básica en la bioquímica, genética molecular y la biología molecular, realizados en la segunda mitad de este siglo, que han creado condiciones reales de controlar diferentes (aunque quizás no el más importante) mecanismos de la actividad celular...”⁴³.

Como ejemplo de lo anterior se pueden mencionar algunos descubrimientos y desarrollos en esta área que tienen como fin:

- La decodificación universal para todos los organismos vivos del código genético
- Los mecanismos de regulación del funcionamiento de genes en una generación de organismos;
- Mejora de las existentes y desarrollo de nuevas tecnologías de cultivo de microorganismos
- Y posteriormente la identificación de enfermedades en el código genético y el uso de tal conocimiento para la producción de terapias y medicamentos

⁴³Elinov, N.P. *La base de la biotecnología*, 1ª ed., Nauka, San Petersburgo, Rusia, 1995, pp. 381-382.

Todos estos logros han traído a la biotecnología a nuevos niveles de desarrollo, permitiendo conscientemente y deliberadamente la gestión de los procesos celulares complejos. Esta nueva área de conocimiento biológico tiene como objeto primordial la preservación y sustentabilidad de la vida buscando niveles de salud y bienestar favorables para el ser humano.

De la misma manera la biotecnología ha estado clara e irrevocablemente ligada a la investigación de campo de la producción industrial de bienes y servicios con la participación de organismos vivos y sistemas biológicos del proceso, siendo éste un fin económico que la sociedad le ha dado. A ello, la biotecnología tiene diversas áreas las cuales le brindan a esta ciencia metas o fines últimos a alcanzar, enfocada a la satisfacción de las necesidades humanas.

2.3 Diferentes tipos de biotecnología

Las tres principales áreas de desarrollo de la biotecnología que están destinadas a crear y a la aplicación práctica, son las siguientes:

- Nuevas sustancias biológicamente activas y medicamentos utilizados en la atención de la salud para el diagnóstico, profilaxis y tratamiento de diversas enfermedades, esta es el área de la biotecnología que más inversión tiene alrededor del mundo y es también conocida como biotecnología “blanca”. Ésta está relacionada con las aplicaciones industriales de la biotecnología (producción de microorganismos, fermentaciones, especialidades químicas, biotransformaciones)

- Los agentes de control biológico de plantas agrícolas de patógenos y plagas, fertilizantes y bacterianas reguladores de crecimiento de plantas y animales, las nuevas variedades de plantas, resistente a una amplia gama de efectos adversos (factores ambientales), nuevas razas de animales con propiedades útiles (transgénicos); como segunda área se puede mencionar a la biotecnología “verde” la cual está catalogada de esta

manera puesto que va dirigida hacia la flora, fauna, frutos y relacionada con las aplicaciones de la producción agrícola

- La creación de nuevas tecnologías y al mismo tiempo un valor comercial en productos para la industria alimentaria, química y microbiológica; aditivos valiosos para mejorar la productividad en animales de granja (alimentación, aminoácidos, proteínas, vitaminas, enzimas que favorecen la digestión alimenticia, etc); las tecnologías eficientes para la agricultura, residuos industriales y domésticos se dan para elaborar productos que pueden ser utilizados en otros sectores de las actividades económicas humanas (por ejemplo, el biogás, fertilizantes, combustible para vehículos, etc.). También se innova en técnicas de bioingeniería para obtener sustancias y fármacos utilizados para diversos fines en la agricultura y la medicina veterinaria. A este tipo de categoría en la que las nuevas técnicas se muestran como un ciclo en el cual la experimentación es base de la innovación se le llama biotecnología “roja” por estar inmersa en el campo industrial, que si se analiza de una manera crítica, en cualquier área de la biotecnología está presente la industria, el hecho por el cual son catalogadas de diferente forma es porque la flora, la fauna y el ser humano, son el objeto de estudio, ya que el fin directo es el mismo; es decir, las necesidades humanas y el incremento del capital económico.

2.4 Situación de la biotecnología a nivel mundial

Siempre, el futuro se construye sobre el pasado; sin embargo, predecir cuál será el futuro de la economía y de la sociedad, tomando como base esta época, sólo se presta a que en los períodos de transición no es posible predecir el futuro a partir de la mera extrapolación de las tendencias anteriores, lo cual es inútil e incluso contraproducente.

Una situación notoria es que algunos países que contaban con un nivel de desarrollo comparable al de México en la década de los 80, en el siglo pasado, han basado su crecimiento económico en el desarrollo de biotecnología. Por ejemplo: Canadá, España, Italia, Corea del Sur y Cuba, han desarrollado industria con importantes éxitos comerciales

provenientes de la biotecnología. En la actualidad, varios países de Sudamérica y Europa Oriental desarrollan también procesos y productos basados en biotecnología para la generación de empresas productivas.

Actualmente hay gran interés en esta área ya que los dirigentes de los países se han dado cuenta que el “Know how” es el que realmente genera valor en la cadena económica productiva y se han preocupado por la capacitación de nuevo capital humano, compitiendo entre sí y bloqueando la entrada de los grandes mercados internacionales a las pequeñas empresas competidoras, convirtiéndose en monopolios impenetrables.

Obviamente, llegar a innovaciones exitosas en los países en desarrollo es sumamente complejo. Se requiere no solamente una comprensión del nuevo paradigma tecno-económico sino también poder prever las posibles respuestas de los países industrializados para prefigurar el clima general del marco internacional del futuro. Y además, en la mayoría de los casos existe una gran escasez de recursos financieros y en muchos problemas sociales. No obstante, una respuesta adecuada es más probable si se tiene mayor información y comprensión del fenómeno. Además, como se ha visto, hay ciertas características del nuevo paradigma biotecnológico y de esta transición en particular que pueden ser aprovechadas ventajosamente para abrir nuevas vías de desarrollo.

Hay que analizar desde los aspectos más básicos, incluyendo por supuesto cuestiones como la dotación específica de recursos, la ubicación, el tamaño, los factores culturales y ambientales así como las áreas en las cuales se ha alcanzado ya un cierto desarrollo relativo. No obstante, implica también una reevaluación de la brecha tecnológica. Puesto que como veremos adelante, la base industrial biotecnológica de nuestro país se encuentra todavía en una fase relativamente temprana de su desarrollo, y no es posible la aplicación de los hallazgos de la ciencia y la tecnología sin pasar por diferentes etapas de desarrollo tecnológico. Luc Soete⁴⁴ señala en su análisis de la difusión internacional de la

⁴⁴Soete, L; *Long cycles and the international diffusion of technology*, presentación en el International Seminar on Innovation, Design and Long Waves in Economic Development, Royal College of Art, Londres; 1983

tecnología, que cada crisis de una onda larga (ciclos de Kondratieff) *resulta en una reestructuración de la ubicación relativa de los diversos países.*

Es por eso que hoy por hoy los países en desarrollo deben tratar de aprovechar la fase de transición para dar un salto adelante, lo cual por supuesto exige transformaciones socio-institucionales.

2.4.1 Etapas de la biotecnología en la historia mundial

Las raíces en las que la biotecnología datan de hace miles de años ya que incluye muchos procesos tradicionales, bien conocidos y utilizados por el hombre durante mucho tiempo. Algunos ejemplos son la elaboración de la cerveza, el bicarbonato, la elaboración del vino, la fabricación de queso, cocinar muchas salsas picantes orientales, así como diversas formas de eliminación de los residuos. En todos los procesos se utilizan bio-organismos (incluso sin un conocimiento suficiente acerca de ellos), y todos los procesos a través de los años han venido mejorando empíricamente. El comienzo de esta etapa de la biotecnología se pierde en las brumas del tiempo, y que duró hasta el final del siglo XIX.

Posteriormente las obras del gran científico francés Louis Pasteur (1822-1895)⁴⁵ sentaron las bases para el uso práctico de los logros de la microbiología y la bioquímica de la biotecnología tradicional (elaboración de la cerveza, elaboración del vino, vinagre), a partir de la pasteurización⁴⁶ estos desarrollos mejoraron la calidad de vida y marcaron el inicio de una nueva etapa en el desarrollo de la investigación en biotecnología. Este período se caracterizó por el desarrollo de la biotecnología industrial, especialmente en los procesos de fermentación a escala industrial. También se desarrollaron procedimientos de producción estéril por fermentación acetona glicerol. Los principales grupos de microorganismos - agentes causantes de los procesos de fermentación se han investigado intensamente, así como las características bioquímicas de sus procesos.

⁴⁵ James J. Walsh. *Louis Pasteur*. Catholic Encyclopedia. New York: Robert Appleton Company. 1913.

⁴⁶ Montville, T. J., and K. R. Matthews. *Food microbiology an introduction*, American Society for Microbiology Press, 2005. Pp.30

Tras el descubrimiento de la penicilina por el farmacólogo escocés Alexander Fleming (1881-1955)⁴⁷ y sus escritos en bacteriología, inmunología y en quimioterapia, se desarrollaron procesos y aparatos para la producción de cultivo profundo, lo que redujo drásticamente el precio de la producción del antibiótico, y se hizo disponible para uso generalizado en la práctica clínica durante la Segunda Guerra Mundial; después de la guerra, se dio el rápido desarrollo de los procesos de fermentación para la producción de antibióticos, hormonas esteroides, y en 1962 apareció una revista llamada "Biotecnología y Bioingeniería"⁴⁸ y una vez más se utilizó el término "biotecnología" para describir los procesos que se relacionan con el campo de la microbiología industrial.

Sin embargo, el término "biotecnología" se convirtió cada vez más asociado a la nueva etapa de desarrollo de esta ciencia, que se inició en 1973, cuando Stanley Cohen y Herbert Boyer descubrieron el plásmido recombinante y produjeron una transformación de las células de *Escherichiacoli*⁴⁹. Cuatro años después del descubrimiento de la tecnología del ADN recombinante aparecieron cepas bacterianas productoras de la insulina y la hormona del crecimiento humano. Esto ha dado lugar a una afluencia de inversión en nuevas empresas. A principios de este siglo, en los Estados Unidos el número de firmas en industria biotecnológica de I+D (basada en el cultivo de microorganismos modificados genéticamente) es de 2,744 las cuales tienen 153, 000 empleados, con unos ingresos anuales de 19,6 mil millones de dólares y ventas de \$13.4 mil millones de dólares. El segundo lugar lo tiene Canadá con 532 empresas, posteriormente Alemania con 496 empresas y Francia con 461 empresas. Los 14países que se reportan de la Unión Europea

⁴⁷The Nobel Foundation; *Alexander Fleming Biography*. Les Prix Nobel.. 1945. Retrieved 27 March 2011. [En línea]: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/fleming.html Consultado el 14 Junio del 2013

⁴⁸Biotecnology and Bioengineering; March 1962; Volume 4, Issue 1; Pages 1–125 [en línea]: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bit.v4:1/issuetoc> Consultado el 14 de Junio del 2013.

⁴⁹ Genome News Network, topic of Genetics and Genomics Timeline-1973; *Herbert Boyer (1936-) and Stanley N. Cohen (1935-) develop recombinant DNA technology, showing that genetically engineered DNA molecules may be cloned in foreign cells*; Genome News Network is an editorially independent online publication of the J. Craig Venter Institute.© 2000 - 2004 J. Craig Venter Institute. [En línea]: http://www.genomenewsnetwork.org/resources/timeline/1973_Boyer.phpRevisado el 26-06-2013

tienen un total de 2 075 empresas dedicadas a la biotecnología⁵⁰, esto es menos de un 33% de las empresas con que cuentan los estados Unidos de Norteamérica en este sector.

Estas empresas desarrollan patentes, publican y generan conocimiento; no siempre están asociadas a una institución educativa. Normalmente este tipo de firmas, parten del desarrollo intensivo y activo de tecnología y la transfieren lo que constituye en las sociedades modernas uno de los mejores negocios. Generar una tecnología y transferirla produce regalías por el uso de la misma. La tecnología se desarrolla, se documenta y se transfiere fundamentalmente cuando tiene algún nivel de protección, por ejemplo, cuando existe una patente, una serie de métodos y protocolos o manuales de operación, producción y análisis.

Las empresas asociadas a la innovación en biotecnología se distinguen por su valiosa capacidad de detección de nichos de oportunidad en investigación y desarrollo. Son el equivalente, en Estados Unidos y Europa a los think-tank. Sin embargo, una buena parte de las empresas de innovación en biotecnología del mundo surgieron a partir de grupos académicos asociadas a Universidades o Institutos.

2.4.2 Relación de países con desarrollo biotecnológico

La biotecnología es un área interdisciplinaria, puesto que prácticamente todas las ciencias biológicas como las químicas tienen uso real y potencial en aplicaciones biotecnológicas. Por esta razón, la innovación asociada a un método o proceso en biotecnología requiere asociaciones con otras firmas en el mundo. Por ejemplo, la mejora genética de una especie de levadura para la hiper-producción y secreción de proteínas, puede tener aplicación en campos tan variados como el sabor de los vinos y la producción de enzimas de uso en cervecería.

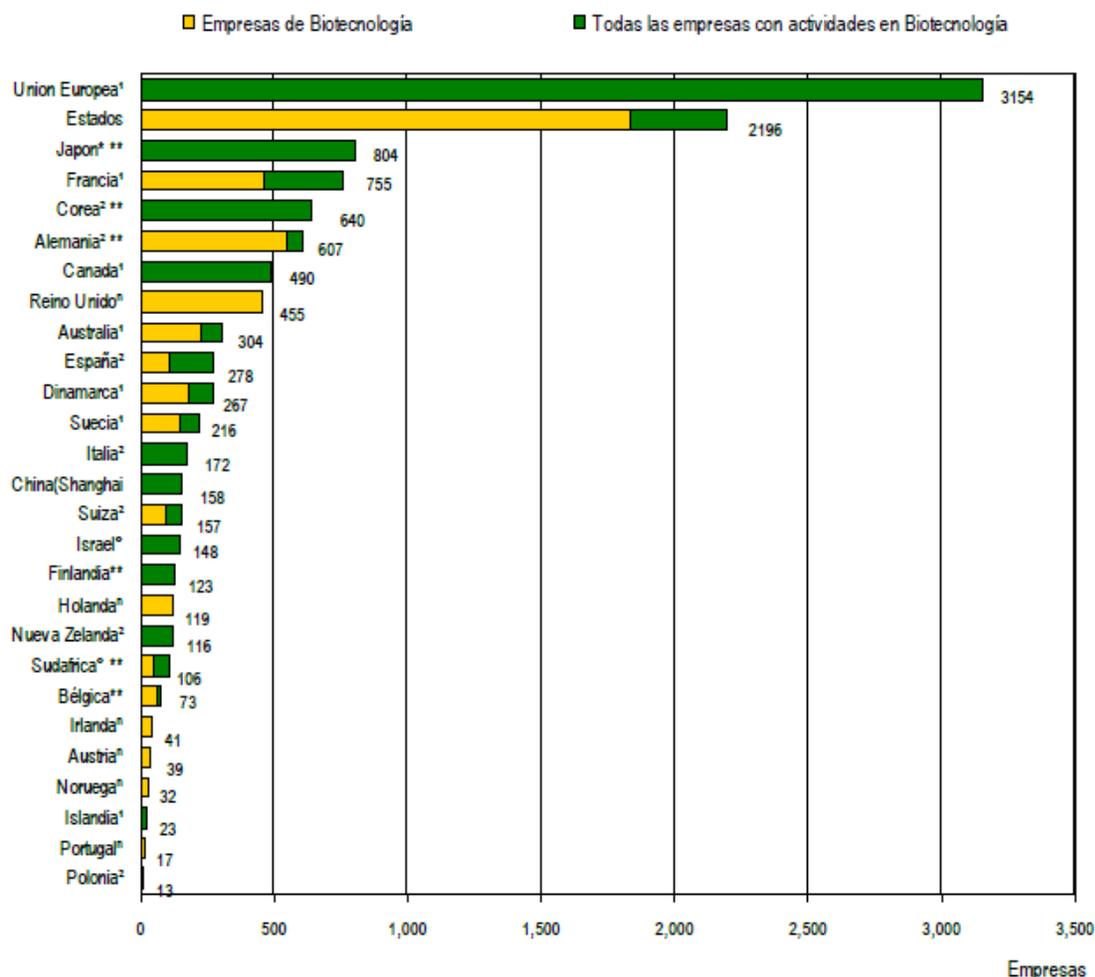
⁵⁰ OECD, *Biotechnology statistics data base*, January 2009, (más actualizada)pp. 15-16 Revisado el 29-06-2013 [En línea]: <http://www.biotechnologie.de/BIO/Redaktion/PDF/de/laenderfokus/suedkorea-oecd-report,property=pdf,bereich=bio,sprache=de,rwb=true.pdf>

Una consecuencia de la actividad de innovación en biotecnología en un país determinado, es sin duda el número de empresas que en ese país desarrollan una actividad productiva derivada de dicha tecnología, la cual está ligada al consumo común o a las necesidades poblacionales más frecuentes. El número de empresas activas de biotecnología en el mundo moderno constituye el indicador más ampliamente disponible.

En la *Gráfica 1* se muestran los principales países en la OCDE involucrados en materia biotecnológica, algunos de ellos son productores, innovadores o simplemente investigadores de esta área científica.

La fuente de este cuadro proviene de la OCDE en la sección de estadísticas biotecnológicas del año 2006, el cual es el más completo en referencia a estos estudios; las referencias de números que tienen los países en pequeño al lado (acotaciones) están ligados al año en que a ellos se les hizo el estudio, si tienen un “0” refiere al año de inicio 2002, un “1” al 2003, un “2” al 2004 y si tienen un “3” se excluye firmas que solamente proveen de equipo de biotecnología. En la mayoría de los países se define una empresa de biotecnología como innovadora, tanto por realizar Investigación y Desarrollo (research and development, por sus siglas en inglés R&D) o por introducir productos o procesos nuevos de biotecnología en el mercado en los anteriores dos o tres años. Es importante mencionar que la definición de una empresa fuerte en biotecnología varía entre países, pero usualmente se define como una empresa de menos de 500 empleados y cuya principal actividad es la biotecnología.

Las empresas que se han analizado dentro de estos países son en general empresas núcleo, es decir aquellas que tienen como actividad económica central a la biotecnología. Ejemplo de ello, son los Estados Unidos que hacia 2006 contaban con 2,196 empresas de biotecnología (como principal actividad económica). En segundo lugar se encuentra Japón con 804 empresas y Francia en tercero con 755 empresas. En el mismo año la Unión Europea contaba con un total de 3,154 empresas de biotecnología.



Gráfica 1. Número de empresas de biotecnología en el mundo⁵¹

México no se encuentra en el gráfico debido a que nuestro país solo cuenta con 60 empresas basadas en biotecnología. Las firmas incluidas en la gráfica anterior tienen como principal fin, el desarrollo de innovaciones biotecnológicas, lo que es la base de competencia entre los países y principio único para hacer girar la rueda de este importante sector científico; tal como mencionan Hine y Kepeleris:

...la innovación en biotecnología, es decir la capacidad de generar nuevas tecnologías y procesos, constituye el eje central del desarrollo de la biotecnología productiva...⁵²

⁵¹Van Beuzekom B, Arundel A. *OECD Biotechnology Statistics - 2006*. Organisation For Economic Co-Operation And Development OECD. París.2006

La mayoría de los países, gobiernos, empresas e industrias invierten en I&D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación) no sólo para el avance académico o social, sino principalmente con intereses en incrementar su desarrollo económico y comercial.

De esta forma cientos de universidades, centros e institutos de todo el mundo han desarrollado grupos académicos, programas de posgrado y centros tecnológicos de biotecnología, ya sea estrictamente enfocado a investigación y desarrollo en el tema, o bien a la investigación en áreas de biociencias aplicadas a la biotecnología, con el fin de la preparación de capital humano, de profesionales y científicos con competencias dirigidas hacia la economía del conocimiento.

Finalmente se puede decir que las grandes instituciones universitarias de los Estados Unidos, de Canadá y Europa, así como las principales universidades de América Latina, Asia y Australia, han generado programas académicos que preparan a los tecnólogos e investigadores en biotecnología que después se insertarán en el sector productivo.

2.4.3 Empresas e industrias biotecnológicas líderes de clase mundial

En el ámbito internacional, la biotecnología es ya la plataforma de conocimiento y aplicación que ha generado una industria pujante que a su vez se ha constituido como fuente creciente de riqueza y de empleos. Las áreas de aplicación industrial y comercial de la biotecnología son principalmente las tres siguientes: agricultura, medio ambiente y salud.

Estas áreas no solo constituyen un campo muy activo de investigación y generación de nuevo conocimiento, sino un motor económico que permite la creación de empresas a partir de la innovación en el corto plazo, creando cadenas de producción en las que la innovación es el principal elemento. Si se hace un estudio comparativo con otras

⁵²Hine D y Kepeleris J. *Innovation and Enterpreurship in Biotechnology, An International Perspective*. Edward Elgar Editores. Cheltenham, U.K. 2006. pp. 269

tecnologías contemporáneas a la biotecnología, como por ejemplo las tecnologías de la información, encontraremos que los canales de generación de conocimiento y el tiempo de maduración para la creación de un producto o proceso en un industria o empresa son mucho más prolongados, costosos y que se requiere de conocimiento técnico avanzado y capital intelectual de alto nivel; es decir, de doctores, científicos-investigadores. De igual forma se requiere de una regulación jurídica y ética más específica, así como de amplia colaboración entre los grupos de investigación de las universidades, los centros de investigación, e institutos y las empresas.

Una empresa o industria en biotecnología al ser de clase mundial, genera diversos niveles de impacto en la cadena productiva tales como: innovación, conocimiento y herramientas técnicas; diseño de procesos; capacidad de manufactura; validación y prueba; comercialización y detección de oportunidades de mercado. Ratledge y Kristiansen⁵³; Lemarié et al⁵⁴, son algunos de los autores que han analizado el tipo de actividad productiva que las empresas debió tecnología desarrollan en el mundo.

Uno de los principales negocios que se realiza en industrias y empresas líderes con desarrollo intensivo/activo es la transferencia de tecnología. Actualmente la tecnología se desarrolla, Se documenta, se protege por medio de figuras de propiedad intelectual tales como patentes o modelos de utilidad, y se transfiere junto con sus manuales, métodos de operación, protocolos, etc.

Otra de las principales actividades que se realizan en empresas asociadas a la innovación en biotecnología es la valiosa capacidad de detección de nichos de oportunidad potenciales en investigación y desarrollo; una buena parte de las empresas de innovación en biotecnología del mundo surgieron a partir de grupos académicos asociados a universidades o institutos; es de mencionarse que a partir de los programas nacionales y sectoriales de biotecnología en el mundo se impulsan de manera decidida a este tipo de empresas,

⁵³Ratledge C, Kristiansen B. 2001, *Basic Biotechnology*. Cambridge University Press.SegundaEdición

⁵⁴Lemarié S; Mangematin V.2; Torre A.3. *Is the Creation and Development of Biotech SMEs Localized? Conclusions Drawn from the French Case*. Small Business Economics, 2001, Volume 17, Numbers 1-2, 20 pp. 61-76

principalmente los llamados spin-outs o spin-offs⁵⁵; que son empresas derivadas de grupos de investigación e innovación de las universidades e institutos educativos y que realizan como actividad importante la transferencia y comercialización de innovaciones tecnológicas. Crecientemente se desarrollan en biotecnología innovaciones al margen de los grupos académicos y se generan empresas orientadas exclusivamente a la innovación.

Tal es el caso de los productores de vacunas para uso veterinario o para aplicaciones en clínica humana. Las grandes empresas de producción de vacunas por vía tradicional, a través de conjugados y otros derivados de fermentación por microorganismos recombinantes, incluyen niveles máximos de bioseguridad, equipamiento analítico y equipamiento de proceso asociado a la concentración y purificación de proteínas y biomoléculas; siendo procesos de alto desarrollo tecnológico y de los más altos estándares de inocuidad y sanidad.

En este grupo de empresas o industrias se encuentran los productos de mayor densidad económica, los de mayor valor y los de mayor crecimiento comercial de todas las áreas de la biotecnología.

Cabe destacar que el tipo y la magnitud de las empresas de tecnología están íntimamente asociados con el desarrollo histórico de esta área. Las grandes empresas de biotecnología en el mundo, provienen de una tradición empresarial de las áreas de agronomía, química y farmacia, tanto en los Estados Unidos como en Europa Central y Japón; sin embargo es un área multi e interdisciplinaria en la cual prácticamente todas las ciencias biológicas y químicas tienen uso y potencial en aplicaciones de esta ciencia; es así que hoy por hoy es un boom en el mercado y en el financiamiento de esta área.

⁵⁵Carayannis Elías G., Rogers Everett M. ; *High-technology spin-offs from government R&D laboratories and research universities*; en *Technovation*; Volume 18, Issue 1, January 1998, Pages 1-11.

Así como varias industrias textiles, alimenticias, automotrices, las empresas de biotecnología necesitan de un perfil de organización y éste recae en la forma de clúster, orientados a innovación.

Se entiende por clúster⁵⁶, a la concentración de empresas interconectadas, que son las precursoras de las cadenas de producción en serie, típicamente en un área geográfica o en un mismo sector de aplicación, que incluye proveedores de insumos y de tecnología, así como consumidores y aplicadores, e incluso empresas de servicios orientadas al sector de aplicación. Un clúster se forma siempre para impulsar innovación conjunta. Un clúster efectivo se convierte en una aceleradora, que genera innovación continua y consistente al paso del tiempo, y que permite abreviar los tiempos entre el descubrimiento y la madurez comercial de un proceso, producto o servicio.

Por esa razón, muchas empresas, de diferentes sectores de aplicación, o incluso de sectores de aplicación semejantes, unen esfuerzos con empresas de innovación, con grupos académicos y con empresas de servicios analíticos y de ingeniería, con el objetivo de construir clústeres de innovación.

Los clúster de innovación en el área, incluyen propiamente todos los tipos de empresas relacionadas con biotecnología, desde las empresas estrictamente de biotecnología, basadas en dicha área como núcleo de su negocio hasta empresas de manufactura, de ingeniería, e incluso grandes empresas usuarias de sectores tales como el de alimentos procesados, el de producción agrícola y el farmacéutico.

Todo el propósito de un clúster es generar empresas basadas en innovación, y mantener en el mismo circuito el conocimiento, dándole valor económico. Los clúster son en biociencias y biotecnología los motores reales de crecimiento industrial y productivo.

⁵⁶Arbonés L. Ángel; *El cluster del conocimiento*; en Fundación Iberoamericana del conocimiento; 2000. Pp. 1-7. [En línea]: http://www.gobernabilidad.cl/documentos/clustercono_desterri.pdf Consultado el 16 de Junio del 2013

Dentro de las aplicaciones que la biotecnología moderna tiene, nos encontramos en que el área biomédica en particular, se desarrolla crecientemente en el contexto de clúster; un ejemplo es el caso de exitoso clúster en el sector de biotecnología farmacéutica ubicado en la zona de San Diego, California. Ahí se encuentran las empresas Acadia Pharmaceuticals y San Diego Pharma. La primera trabaja con los más altos niveles y estándares biotecnológicos con el objetivo de obtener nuevos compuestos médicos para el tratamiento de desórdenes del sistema nervioso central⁵⁷. La segunda es líder en el clúster asociado a la producción de productos biofarmacéuticos, que incluye a grupos de investigación de la Universidad de California y del Instituto Scripps, así como a empresas especializadas en análisis químicos o en purificación. También está formado por firmas privadas de investigación, agentes financieros y de gestión de fondos para investigación; servicios legales; empresas de empaques y distribución.

Existen diversos conjuntos de clúster y parques industriales en el mundo que se han orientado a biotecnología, sin embargo, el que hoy en día tiene mayor industrialización y empresas en este sector es el Research Triangle Park⁵⁸, el cual cuenta con una gran gama de áreas; el 29% de estas empresas e industrias están enfocadas a las ciencias de la vida, es aquí donde se juega un papel importante en la biotecnología, por otra parte el 21% se dedica a las tecnologías de la información, aproximadamente el 15% en servicios profesionales y de negocios, el 13% se especializa en ingenierías y ciencias materiales, el 11% corresponde a asociaciones científicas e institutos así como oficinas federales, el 6% en actividades financieras y finalmente el porcentaje mínimo le corresponde a las ciencias ambientales con un 5%, ellas también tienen presencia biotecnológica.

Este complejo está ubicado al sureste de los Estados Unidos, específicamente se localiza en la zona de Raleigh-Durham-Cary en Carolina del Norte.

⁵⁷theLabRat.com 2005. All Rights Reserved. [En línea]
<http://www.thelabrat.com/jobs/companies/cities/BiotechSanDiegoCA.shtml> Consultado el 16 Junio del 2013

⁵⁸Research Triangle Foundation of North Carolina.Allrightsreserved. © 2011. [En línea]
<http://www.rtp.org/about-rtp> Consultado el 16 de Junio del 2013.

Este parque científico es uno de los más grandes en el mundo y actualmente es el que brinda mayor información para investigación, además de ser el más cercano a México y está establecido en casi 7,000 hectáreas, lo que es un área impresionante ya que es algo así como veintiún veces la superficie del bosque de Chapultepec en el Distrito Federal.

Se caracteriza por ser base de 170 compañías y empresas enfocadas a la investigación y desarrollo (I&D) que conscientemente generan un campo de trabajo de poco más de 50,000 trabajadores; este complejo de alta tecnología genera un gran motor económico para una región de 3 millones de habitantes.

Históricamente, es el parque científico más antiguo en territorio estadounidense puesto que su aparición data del año de 1959, periodo de Guerra Fría en la cual Estados Unidos tendía una carrera armamentista con la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. Es importante mencionar que la industria bélica estadounidense siempre ha ido de la mano del desarrollo científico y tecnológico y que juega un importante papel en el PIB nacional, igual caso en la innovación e investigación. Un buen ejemplo es el Internet que hoy en día es fundamento global de las tecnologías de la información y comunicación y nació a partir de altas tecnologías militares.

Es así que este parque industrial tiene un lugar muy importante en la historia precedente al siglo XXI y alberga desde importantes empresas multinacionales hasta spin-outs de Universidades u operaciones starts-up de empresas derivadas de una nueva innovación; se pueden encontrar empresas de gran envergadura como la de BASF, Bayer Crop Science, CISCO, Ericsson, Google Earth Blog, IBM, Syngenta, GlaxoSmithKline, Monsanto Corporation, y Motorola, entre otras.

Otro ejemplo de las más destacadas empresas en biotecnología dentro del RTP es la firma Bayer CropScience⁵⁹; multinacional alemana que es líder en cuidado humano, nutrición y materiales de alta tecnología que ha enfocado sus esfuerzos de desarrollo e investigación en

⁵⁹Bayer de México, S.A. de C.V.[En línea] <http://www.cropscience.bayer.com/en/Company.aspx> en Global Internet Portal Last updated: September 6, 2012. Consultado 18 de Junio del 2013

el área de protección de cultivos, control de plagas y biotecnología de plantas y semillas. Entre sus logros más recientes se encuentra el desarrollo del activo químico que elimina al hongo de la papa *Phytophthora infestans*⁶⁰, también llamado Tizón tardío, el cual causó pérdidas a nivel mundial por más de 3 billones de Euros, su creación fue un fungicida llamado Infinito® que sirve como protección al cultivo de la papa contra la humedad; otro desarrollo son las plantas de tabaco transgénicas⁶¹ capaces de producir biofármacos como anticancerígenos.

Otra importante organización dentro del RTP es el Research Triangle Institute Internacional⁶²; que es la segunda sin fines de lucro más grande de los Estados Unidos, dedicada a dirigir la investigación y el desarrollo que mejora la calidad de vida a través de aplicar el conocimiento; RTI cuenta con más de 2500 trabajadores en 8 oficinas regionales dentro de Estados Unidos y en otras cinco oficinas internacionales. Sus actividades son ofrecer innovación en investigación y servicios técnicos para el gobierno y empresas de todo el mundo, en las áreas de salud y farmacéuticos, educación y entrenamiento, evaluación, diagnóstico y análisis estadístico, tecnología avanzada, así como en la generación de políticas públicas para el desarrollo económico y social, la generación de energía y la protección del medio ambiente.

Tanto los ejemplos anteriores como la mayoría de las industrias y empresas en este parque científico están respaldadas académicamente por un conjunto de universidades, que son las encargadas de producir el capital humano y son llamadas: Triangle Universities Center for Advanced Studies, Inc. (TUCASI)⁶³. El parque se estableció con tres

⁶⁰Bayer de México, S.A. de C.V. [En línea]

[http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/Products/\\$file/Folleto_Infinito.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/Products/$file/Folleto_Infinito.pdf) en Bayer CropScience; Fecha de edición: Abril de 2011 Bayer. Consultado 18 de Junio del 2013

⁶¹ArgenBio Consejo Argentino para la información y el desarrollo de biotecnología. *Plantas de tabaco transgénicas producen proteína para tratar enfisema*. en ArgenBio; Publicado el : 21-08-2008; © Copyright ArgenBio 2007 [En línea] <http://www.argenbio.org/index.php?action=notas¬e=4316> Consultado 18 de Junio del 2013

⁶²RTI International. *Corporate Information*; © 2013 RTI International. RTI International is a trade name of Research Triangle Institute. [En línea] http://www.rti.org/page.cfm/Corporate_Information Consultado 18 de Junio del 2013.

⁶³Triangle Universities Center for Advanced Studies, Inc. *A brief history* [En línea] http://www.rtp.org/sites/default/files/TUCASI%20Background_0.pdf Consultado 18 de Junio del 2013

Universidades de gran liderazgo que funcionan como el ancla de I&D. La misión de TUCASI es asegurar la presencia continua de instituciones mediante la planeación y ejecución de investigación sin fines de lucro que incrementan el recurso intelectual y físico a través de la participación de instancias educativas de tres ciudades, como la Universidad de Carolina del Norte, la Universidad de Duke en Durham, la Universidad de Carolina del Norte en Raleigh y la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill.

También se encuentran oficinas federales dentro del complejo científico como la Agencia de Protección al Ambiente (EPA por sus siglas en inglés), el Programa Nacional de Toxicología, el Instituto Nacional de Estadística, y oficinas y laboratorios del Departamento de Agricultura (USDA) y del Servicio Forestal, entre otros.

Otro caso especial, en el campo de empresas e industrias biotecnológicas exitosas en Europa, es el clúster de Medicon Valley⁶⁴. Éste está localizado en Copenhague, Dinamarca, abarcando por igual la región Skane del sur de Suecia.

Al igual que el complejo científico Research Triangle Park es un gran clúster que incluye universidades, hospitales, compañías basadas en ciencias biológicas, en biotecnología, en biomedicina e ingeniería biomédica, así como compañías farmacéuticas; la mayor parte de ellas son empresas basadas en innovación.

Su creación se remonta a los siglos XIX y XX con investigaciones de fermentaciones en cervecerías europeas famosas como la Carlsberg; es de mencionar que las investigaciones en aquellos años se consideran bases del estudio de la biotecnología en el mundo, por lo que también es un caso importante, ya que la mayor parte de las compañías en este clúster proceden de investigaciones biotecnológicas y que tienen una historia de éxito que las respalda, algo así como una garantía respecto a sus estudios.

Ejemplos de grandes empresas en este complejo europeo son Novo-Nordisk, H. Lundbeck, AstraZeneca y LEO Pharma, ellas han favorecido de manera precisa en la

⁶⁴Medicon Valley Alliance creating opportunities. *About MVA*[En línea] <http://www.mva.org/> Consultado 18 de Junio del 2013

formación y desarrollo del Medicon Valley, pues han fortalecido las capacidades de investigación aplicada, han generado cadenas productivas y de proveeduría local y han desatado un gran número de spin-offs.

Gracias a ello, actualmente Medicon Valley es el complejo de clúster más grande e importante de Europa, sin duda el que mayor inversión atrae respecto a las biociencias, biotecnología y biomedicina.

Al igual que Estados Unidos, la biotecnología en países europeos es fuente de una economía basada en innovaciones y en inversiones con ganancias reales en mercados que apenas están siendo abarcados por las competencias internacionales; hasta este momento es un área de conocimiento que muestra tener precedentes importantes en el contexto internacional pero que aún no ha sido totalmente explorada y aprovechada. Esta situación fue identificada por diferentes empresas e inversionistas en la región de Copenhague y el sur de Suecia desde la década de los noventa del siglo pasado quienes decidieron invertir en un complejo que tuviera como base la innovación, para competir con países líderes del mundo, así que decidieron publicitar a la región internacionalmente y darle un fin común, convertirla en la bio-región más importante de Europa.

Finalmente, un caso que en esta época ha venido siendo comercialmente primordial es el de las empresas del sector de biotecnología agroalimentaria que ha evolucionado a través de alianzas y fusiones empresariales e industriales. Dichas alianzas y fusiones ocurrieron principalmente a partir de empresas de biotecnología, industria química o agroquímica, y empresas del área de producción de semillas.

El caso más representativo de este tipo de empresas es Monsanto; en sus inicios fue parte de una industria química la cual se transformó en cuatro décadas en una de las empresas de biotecnología de mayor importancia en el mundo.

Hoy, Monsanto se enfoca principalmente en la producción de variedades vegetales de importancia agrícola, modificadas genéticamente, en particular soya, oleaginosas, algodón y trigo. Su marca líder, es el herbicida Roundup®⁶⁵.

Es así que fusiones semejantes ocurrieron en otras empresas de nivel mundial; ya se mencionó el caso de Bayer CropSciences, que nació de la fusión entre Hoechst y Scheringue formaron AgrEvo, posteriormente se fusionaría con RhonePoulenc para formar Aventis, una poderosa empresa en el sector agrobiotecnológico. Bayer, al adquirir Aventis, se consolidó como la segunda empresa en importancia en el sector de biotecnología agrícola, Bayer CropSciences.

De igual forma, una fusión parcial de Eli Lilly y Dow Chemical formó la empresa Dow-Agro Sciences, así como Novartis y AstraZeneca unificaron sus industrias agrícolas para formar Syngenta⁶⁶.

En conclusión, todas las empresas multinacionales aquí mencionadas cuentan con un enorme potencial de innovación y desarrollo de productos, han sido parte de la historia internacional mediante la creación de productos y servicios basados en la biotecnología, los cuales han generado para sus respectivos gobiernos grandes fuentes de ganancias económicas y son objeto de mayor inversión.

Los grupos multinacionales están comprando rápidamente firmas biotécnicas de nueva creación, compañías semilleras, empresas agropecuarias y agroquímicas, negocios farmacéuticos, médicos y de la salud, y empresas de alimentos y bebidas, creando de ese modo complejos biocientíficos gigantescos con los que podrá levantarse un mundo bioindustrial.

⁶⁵Thomsonreuters.com *CORRECTED - TIMELINE: History of Monsanto Co.* Nov 11, 2009 3:42pm [En línea] <http://www.reuters.com/article/2009/11/11/food-monsanto-idUKN1032100920091111> Consultado el 19 de Junio del 2013

⁶⁶Syngenta México 2013. © *Acerca de Syngenta.* [En línea] <http://www.syngenta.com.mx/cronolog%C3%ADa.aspx> Consultado el 19 de Junio del 2013

Varios factores se han combinado para crear lo que los analistas industriales llaman una “industria de la vida” mundial.

“Las compañías bio-científicas están ansiosas por explotar el potencial enorme de las nuevas biotecnologías y dedican fondos considerables a la investigación y desarrollo y los acuerdos de concesión de licencias; se calcula que actualmente invierten 7,500 millones de dólares al año en programas biotecnológicos propios”⁶⁷.

2.4.4 Importancia de las patentes en la biotecnología

La palabra innovación teóricamente es el eje principal en el desarrollo de biotecnología, en la práctica se traduce como la capacidad de generar nuevas cosas que van acompañadas de tecnologías y procesos de experimentación; una vez lograda una creación, se procede a la protección de la propiedad intelectual puesto que es lo que determina el valor de una empresa o del mismo creador (individualmente); en países angloparlantes se le conoce como *intellectual property holdings*.

Hagamos la pregunta de ¿Qué se entiende por propiedad intelectual?, a ello se puede responder como al medio de posesión de títulos, patentes, normatividades, planos base de los productos resultantes o de los procesos para su elaboración, también conocido con el nombre de *Know How*, que es el saber cómo, es decir, el instructivo para poder generar el producto o proceso deseado.

En general una patente permite la protección del proceso de experimentación base así como los resultados debidamente generados de nuevos procesos, aplicaciones, variedades biológicas, sistemas de detección y medición, productos bioquímicos, sus usos y funciones. Una vez que sale al mercado un producto es sujeto de que las empresas de la

⁶⁷ Sylvia Davidson, “Hidden biotechnology World over \$7.5 billion a year”, *Nature biotechnology*, 4 de Mayo de 1996, Pp. 564.

competencia puedan desarrollar productos o procesos equivalentes o mejores, por lo que la patente estimula la competencia industrial y la innovación; puede observarse como un ciclo de constante innovación en beneficio de intereses sectoriales o individuales.

Para que el inventor pueda conseguir una patente, Jeremy Rifkin nos menciona que:

...Para que a un inventor se le patente su obra como invento ha de demostrar que es novedosa, que no sea trivial y que sea útil, es decir, que nadie lo haya hecho antes, que no sea algo tan evidente que a cualquiera podría habersele ocurrido con técnicas ya conocidas, que sirve para algún propósito útil; ...incluso aunque algo sea nuevo, no sea obvio y sea útil, si es un descubrimiento de la naturaleza, no es un invento y, por lo tanto, no es patentable; por esta razón no se consideran patentables los elementos químicos, aunque son únicos, no eran evidentes cuando se les identificó por vez primera y son muy útiles; son descubrimientos de la naturaleza...⁶⁸

Rifkin menciona los elementos internacionalmente aceptados para que la innovación sea válida y pueda obtener una patente, sin embargo, no menciona, la parte comercial que implica que los títulos de propiedad industrial son solicitados para que el inventor tenga el derecho exclusivo de usar, comercializar, vender o importar su creación; es por ello que de igual manera debe demostrar utilidad o aplicabilidad industrial y comercial, y aún más cotizadas y exclusivas son las patentes si ofrecen una solución a un problema no resuelto previamente, o cubrir una necesidad no satisfecha.

Son dos las principales organizaciones internacionales que normalizan la propiedad intelectual e industrial, la Organización Mundial de Propiedad Intelectual⁶⁹ (WIPO por sus siglas en inglés) y la Organización Mundial de Comercio⁷⁰ (WTO).

⁶⁸Rifkin Jeremy; *El siglo de la biotecnología: El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*; Ed. Paidós; México, 1er edición en la Colección Bolsillo, 2009; pp. 79.

⁶⁹World Intellectual Property Organization [En línea] <http://www.wipo.int/about-wipo/en/> Consultado el 25 de Junio del 2013

⁷⁰World Trade Organization; © World Trade Organization 2006
[En línea] http://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/whatis_e.htm Consultado el 25 de Junio del 2013

En biotecnología existen miles de patentes que han sido solicitadas desde el comienzo de la era genómica, ejemplos base de ello son los procesos asociados a los sistemas de fermentación aplicados a la industria alimenticia, a los procesos de producción de nuevas sustancias, fórmulas, moléculas de uso clínico, así como el uso de procesos de pasteurización o uso de enzimas en comida.

Otra importante organización que ha brindado miles de patentes en el caso específico de genes ha sido la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos⁷¹ (United State Patent and Trademark Office, USPTO).

En esta área llegan a surgir algunos problemas entre los mismos países y organizaciones de patentes puesto que difieren enormemente en lo que se refiere al tipo de desarrollos patentables, o sea, de qué si es patentable y qué no, eso ya depende de las leyes, normas internas de cada país incluso de la orientación ideológica que tengan los habitantes, por ejemplo, USPTO otorga patentes a variedades animales y vegetales, mientras que la Oficina de Patentes del Reino Unido no.

Un tema muy discutido es el patentar las secuencias de ADN o de genes, puesto que en un principio se otorgaban por el simple hecho del descubrimiento, sin demostrar un uso aplicable derivado del propio hallazgo. Actualmente no es tan fácil poder patentar una secuencia de ADN o un gen, si éste no muestra una aplicación o caracterización distinta, la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos y la Oficina Europea de Patentes⁷² (European Patent Office, EPO) son dos de las más metódicas en este plano.

⁷¹The United States Patent and Trademark office an Agency of department Commerce. [En línea] <http://www.uspto.gov/about/index.jsp> This page is owned by Office of the Chief Communications Officer Consultado el 25 de Junio del 2013 Last Modified: 6/10/2013

⁷²European Patent Office; Last updated 6.2.2013 [En línea] <http://www.epo.org/about-us.html> Consultado el 25 de Junio del 2013

Históricamente el inicio de la privatización del patrimonio genético del planeta comenzó a principios de la década de los 70 del siglo pasado; como menciona Jeremy Rifkin:

...En 1971 Ananda Chakrabarty intentó patentar un microorganismo modificado mediante ingeniería genética destinado a consumir los vertidos de petróleo en los océanos...⁷³

Sin embargo, la patente no fue otorgada, por la USPTO puesto que se argumentó que los seres vivos no eran de acuerdo a las leyes norteamericanas, patentables. Posteriormente Rifkin menciona que:

En 1980, por un estrecho margen de cinco a cuatro, los magistrados del Tribunal de Apelaciones de Aranceles y Patentes se pronunciaron a favor de Chakrabarty y se le concedió una patente sobre la primera forma de vida transformada por la ingeniería genética. En nombre de la mayoría, el presidente del Tribunal, Warren Burger, mantenía que “La distinción pertinente no era entre cosas vivas e inanimadas”, sino si el microbio de Chakrabarty era o no “un invento humano”.⁷⁴

Para el año 2000, ya era más que un hecho que la vida podía ser patentada, uno de los ejemplos que más conocidos es el Oncorratón, Lisa Raines nos dice al respecto que:

...La oficina de Patentes concedió la patente de un manigero, un ratón transformado mediante ingeniería genética que contenía genes humanos que predisponen a sufrir cáncer; el llamado “Oncorratón” fue “inventado” por el biólogo de Harvard Philip Leder; el ratón, cuya licencia de explotación ha sido concedida a Du Pont, se vende como “modelo de investigación”; se utiliza para el estudio del cáncer.⁷⁵

⁷³Rifkin Jeremy; *El siglo de la biotecnología: El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*; Ed. Paidós; México, 1er edición en la Colección Bolsillo, 2009; pp. 75

⁷⁴*Ibid.*, pág. 76.

⁷⁵Raines Lisa, “Of Mice and Men and Tennis Balls”, *Across the board*, Marzo de 1989, pág. 46.

Esta patente fue otorgada en 1988 a la Universidad de Harvard, esto desató una explosión de patentes de genes y sus usos, siendo Estados Unidos el que más patentes tiene, seguido de Japón y Reino Unido.

2.5 La tendencia bioeconómica internacional

Sustentada en el conocimiento científico, la tecnología evoluciona y se transforma cada vez más rápidamente y, en este escenario, desempeña un papel central resolviendo los requerimientos de la sociedad en cuanto a la creación de nuevos productos y servicios a precios competitivos, así también ofrece alternativas tendientes a mejorar los procesos de producción y, con ello, propiciar una mayor eficacia en el uso de los insumos de los mismos con una menor contaminación al medio ambiente.

Uno de los objetivos de la nueva tendencia bioeconómica, es ser sustentable y ofrecer medios de producción que ayuden a evitar el deterioro del planeta, buscando la manera de producir mayor cantidad de productos, servicios, procesos, requeridos debido al brusco crecimiento poblacional que el mundo estará experimentando en el siglo XXI.

La respuesta de las empresas a la creciente competencia comercial ha motivado la proliferación de alianzas estratégicas con el propósito de fortalecer su posición en los mercados y obtener el tamaño suficiente que les permita realizar investigación e inversión en el desarrollo de nuevos productos.

El principal objetivo de estas nuevas empresas es la innovación, por ello que son muy importantes la capacitación y la preparación excelente del capital humano puesto que de ellos dependerán las ganancias que la empresa obtenga, así como indirectamente el bienestar de una sociedad.

La biotecnología influirá en todas las actividades humanas, es por ello que los campos de competencia y aplicación de innovación científica en la agricultura, la salud, el

medio ambiente y la industria muy pronto tendrán importantes repercusiones en la economía mundial.

Justamente uno de los principales elementos que hay que considerar para comprender los diferentes beneficios que la biotecnología moderna puede ofrecer a la economía de nuestro país es el creciente proceso de globalización que se está experimentando actualmente en el mercado internacional.

Después de 30 años de crisis económicas recurrentes, todo parece indicar que México se encuentra en el momento idóneo de iniciar una nueva etapa de desarrollo, en la cual la biotecnología puede coadyuvar el crecimiento sustentable de los niveles de bienestar de la población sin afectar el medio ambiente y los recursos naturales del país.

Se estima que para el año 2020, la población mexicana ascenderá a 119.4 millones de habitantes que demandarán más y mejores alimentos y servicios; parte del reto a superar consiste en cubrir esas necesidades sin agotar los recursos naturales.

Revisando diferentes experiencias internacionales en biotecnología productiva, podemos aseverar que aunque existen diferencias claras en los niveles de países en vías de desarrollo como Corea, Singapur, y recientemente Brasil e India, en ellos se han establecido modelos claramente adaptados de los países desarrollados, tanto de Estados Unidos como de Europa, en lo que se refiere al estímulo para la creación y consolidación de empresas de base tecnológica.

Los países con mayor desarrollo en lo que se refiere a la biotecnología comercial han destacado también en el desarrollo de sociedades de empresas del área de biotecnología. Las tres principales, por su impacto económico son las de los Estados Unidos, Bio-Org⁷⁶; la de Europa, EuropaBio⁷⁷; y la de Canadá, Biotech-Canadá⁷⁸.

⁷⁶BiotechnologyIndustryOrganization; “about BIO” [En línea] <http://www.bio.org/> Consultado el 25 de Junio del 2013.

⁷⁷EuropaBio; Boosting the EU Bioeconomy; Last Updated 14.08.2012. [En línea]<http://www.europabio.org/> Consultado el 25 de Junio del 2013

El desarrollo de la biotecnológica comercial en Europa y EU en los últimos 20 años, se ha dado principalmente por investigación independiente y por innovación orientada a las actividades industriales, principalmente por la fuerte base científica de dichos países. Un segundo aspecto radica en la actividad emprendedora de su sociedad, que se traduce en una clara voluntad de tomar riesgos.

2.6 Un nuevo mercado en una nueva sociedad

A todas las grandes revoluciones económicas y sociales de la historia les ha acompañado una nueva explicación de la creación de la vida y de los mecanismos de la naturaleza; durante más de una centuria las ideas de la sociedad internacional sobre la naturaleza, la naturaleza humana y el significado de la existencia han manifestado la influencia de la teoría de Charles Darwin sobre el origen y el desarrollo de las especies, sin embargo, ahora esos fundamentos están siendo sacudidos conforme la ciencia y tecnología van avanzando.

Gracias a las nuevas tecnologías de la era genética, las grandes empresas y los gobiernos pueden manipular el mundo natural al nivel más elemental, estamos hablando de los componentes genéticos que son los responsables de los procesos de desarrollo de todas las formas de vida. En el caso de las empresas se está dando un cambio que va de las sustancias químicas a las ciencias de la vida, siendo éste un modo estratégico para el control de los mercados mundiales de la era biotecnológica; ejemplo de lo mencionado es el caso de Monsanto Corporation, empresa que comenzó como una industria química, que posteriormente vendió toda esta división a finales del siglo XX para dar una transformación a sus investigaciones dirigidas en los procesos y productos biotécnicos.

⁷⁸BIOTECanada; © Copyright 2011 BIOTECanada. Allrightsreserved and Web design + developmentbyAtomicMotion.[En línea] <http://www.biotech.ca/en/who-we-are/overview.aspx> Consultado el 25 de junio del 2013

Si observamos las tendencias de mercado de los grandes grupos multinacionales, encontraremos una secuencia de compra de firmas de nuevas, como compañías semilleras, empresas agropecuarias y agroquímicas, negocios farmacéuticos, médicos y de salud, empresas de alimentos y bebidas, que llevan a la creación de complejos biocientíficos gigantescos de con lo que se espera el paso a una nueva sociedad en mundo bioindustrial.

Varios factores se han combinado para crear lo que los analistas industriales y futurólogos ya habían llamado desde finales del siglo pasado como “la industria de la vida” en un orden mundial; parte de éstos son la apertura de los mercados, el desarrollo tecnológico acelerado y la conformación de las industrias hacia la integración de grandes consorcios sustentados en el intercambio del conocimiento. Todos estos son signos evidentes del proceso de globalización que hoy se vive en la nueva alineación de un mercado.

En las últimas décadas hemos presenciado cómo en la Unión Europea se ha dado el fenómeno de la integración regional de la economías hacia la creación de grandes mercados en donde, en fases sucesivas, también se ha promovido la liberación comercial de bienes y servicios mediante la eliminación de aranceles y permisos de importación. Asimismo, se ha favorecido el movimiento transfronterizo de trabajadores, culminando con la adopción de un sistema monetario y una moneda común. Otro ejemplo de procesos globalizantes es el Mercosur, situado al sur de nuestro continente.

La relajación de las restricciones comerciales gracias a nuevos acuerdos mundiales, como el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (General Agreement on Tariffs and Trade, GATT por sus siglas en inglés), el Tratado de Maastricht que fue el que dio inicio a la nueva conformación de la Unión Europea y en México podemos mencionar sus diferentes tratados de libre comercio TLCUEM y TLCAN que han dado paso a una política comercial neoliberal, con gran intercambio comercial..

Estos procesos de integración regional han traído consigo, en la medida en que se han eliminado trabas al libre comercio, un mayor ambiente competitivo y, con ello, una

mayor dinámica en los mercados. Gracias a estos procesos ha surgido un ambiente riguroso en el cual han surgido nuevas industrias, otras ha desaparecido y las que se han mantenido y fortalecido han experimentado cambios importantes en cuanto a sus enfoques comerciales, administrativos y técnicos; todo esto genera que los mercados trasciendan el ámbito local para convertirse en internacional en un abrir y cerrar de ojos, las empresas e industrias llevan sus procesos de producción a la sociedad mundial y se forjan mayores ventajas de productividad, costos y ganancias.

La actividad del mercado que se da en biotecnología después de la burbuja del 2000 se centró en nuevos descubrimientos en genómica y su efecto sobre el desarrollo farmacéutico, avances médicos, y tendencias agrícolas. El mercado establecido basado en biotecnología incluye la producción en masa de aminoácidos, de ácidos orgánicos, de polialcanoatos (plásticos biodegradables), de polisacáridos microbianos (gomas), de antibióticos, y de enzimas.

Indudablemente, el mercado biotecnológico se presenta como una importante propuesta generadora de desarrollo social, y poco a poco se convertirá en un factor muy importante para el crecimiento económico de todas las naciones.

CAPÍTULO 3

3. La biotecnología en México

Para tener una idea general sobre cuál es la situación de la ciencia, tecnología e innovación en México, es necesario revisar la situación de lo que sucede en otros países destacados por el desarrollo de la I&D que realizan y de sus empresas en biotecnología a través de la revisión de sus indicadores económicos. En primer lugar revisaremos los indicadores de dos países desarrollados, los Estados Unidos de Norteamérica y de Alemania. También revisaremos la situación de Brasil, por su papel destacado dentro de la comunidad de países de Latinoamérica y por ser país miembro del grupo conformado por Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS), que tienen las características comunes de tener un gran volumen de población, un gran territorio y un notorio crecimiento de su Producto Interno Bruto. Posteriormente nos centraremos en el estudio de la historia de la biotecnología en México tanto en términos de la formación de recursos humanos, el marco regulatorio/legal y la situación de la industria biotecnológica mexicana.

3.1 Indicadores de ciencia, tecnología e innovación de México y países líderes

Estados Unidos destina un *2.7% del PIB* a I&D y este porcentaje va en aumento. Uno de los propósitos del presidente Barack Obama es llevar el porcentaje de producto interno bruto destinado a ese rubro a un 3 por ciento. “Lo cual le daría un plus a la ciencia y tecnología de este país”⁷⁹.

⁷⁹ Loera Martha Eva; México último lugar dentro de la OCDE en ciencia y tecnología, en “Noticias Universidad de Guadalajara”; Guadalajara, Jal., 2 de marzo de 2010. [En línea] http://www.vicerrectoria.udg.mx/proyectos_CUNORTE_2010 Consultado el 27 de Junio del 2013.

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual tiene registrado el PIB de Estados Unidos en el año 2011 con una cantidad de 13,238,29 miles de millones de dólares; cuando el Estado norteamericano invierta el 3% de su PIB total, impulsará contundentemente el área de innovación, estableciéndose como líder indiscutible. En lo referente a indicadores de actividad tecnológica, en el *Cuadro 1* se muestra el número de patentes solicitadas por estadounidenses dentro de su territorio, por no residentes y por nacionales en el extranjero.

Cuadro 1. Patentes Solicitadas por Estados Unidos de América (1997-2011)⁸⁰

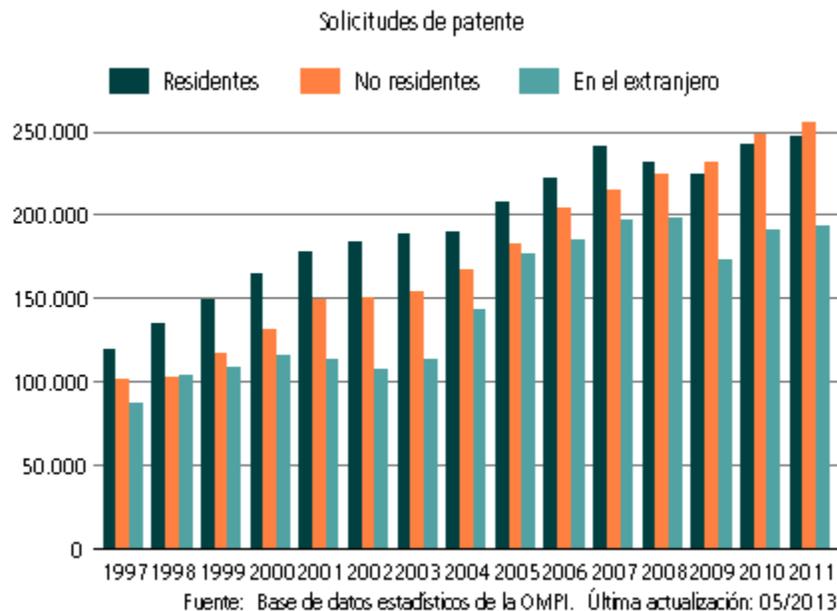
Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	119.214	2	101.282	1	87.181	2
1998	134.733	2	102.246	1	104.251	2
1999	149.251	2	116.512	1	109.218	2
2000	164.795	2	131.100	1	115.661	2
2001	177.513	2	148.958	1	112.954	3
2002	184.245	2	150.200	1	107.394	3
2003	188.941	2	153.500	1	113.838	3
2004	189.536	2	167.407	1	142.697	1
2005	207.867	2	182.866	1	176.269	1
2006	221.784	2	204.182	1	185.075	1
2007	241.347	2	214.807	1	196.573	1
2008	231.588	2	224.733	1	198.014	1
2009	224.912	3	231.194	1	173.573	1
2010	241.977	3	248.249	1	190.934	1
2011	247.750	3	255.832	1	192.683	1

Por el alto número de invenciones y de patentes que los Estados Unidos han solicitado y les han sido concedidas a lo largo de las últimas décadas, indudablemente que el país se ha posicionado dentro de los primeros lugares en el desarrollo de tecnología. Esto señala un claro interés tanto del gobierno como del sector productivo en llevar a la práctica sus resultados de ciencia para desarrollar tecnología y finalmente innovación. Esta visión es parte inherente de sus políticas nacionales y de su profunda seriedad y preocupación para mantenerse como líder de los mercados internacionales.

⁸⁰Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/us.html Consultada el 27 de Junio del 2013.

La *Grafica 1* muestra que en los EUA anualmente se solicitan miles de patentes tanto por residentes como por no residentes y que el país se preocupa por patentar en el extranjero para participar en los mercados mundiales.

Gráfica 2.



Estados Unidos se sitúa en el primer y segundo lugar dentro del *Cuadro 2* de patentes concedidas alrededor del mundo, no sólo en su territorio sino también en el extranjero.

Cuadro 2. Patentes Concedidas en Estados Unidos de América (1997-2011)⁸¹

Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	61.707	2	50.277	1	50.014	1
1998	80.292	2	67.228	1	48.289	2
1999	83.907	2	69.580	1	55.048	2
2000	85.071	2	72.425	1	51.600	2
2001	87.606	2	78.432	1	51.983	2
2002	86.976	2	76.542	1	56.873	2
2003	87.901	2	81.134	1	64.212	2
2004	84.271	2	80.020	1	63.360	2
2005	74.637	2	69.169	1	64.848	2
2006	89.823	2	83.947	1	69.073	2
2007	79.527	3	77.756	1	70.754	2
2008	77.501	2	80.271	1	72.650	2
2009	82.382	2	84.967	1	75.829	2
2010	107.792	2	111.822	1	83.149	2
2011	108.626	3	115.879	1	93.581	2

En el caso de Alemania, la OMPI señala que su PIB en 2011 fue de 2814,39 miles de millones de dólares. Alemania es la quinta economía mundial en términos de producto interno bruto y ocupa el tercer lugar en exportación mundial. La economía de este país está altamente diversificada, compuesta principalmente por servicios financieros, logísticos y empresariales, con una industria productiva de alto valor agregado en los sectores automotriz, siderúrgico, farmacéutico, electrónico, químico, aeroespacial, fabricación de máquinas industriales, manufactura especializada y productos tecnológicos. Su éxito se basa principalmente en su producción intensiva en capital y altamente eficiente, mismo que se logra a través de la innovación y desarrollo de tecnología aplicada a la industria.

⁸¹Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/us.html Consultada el 28 de Junio del 2013.

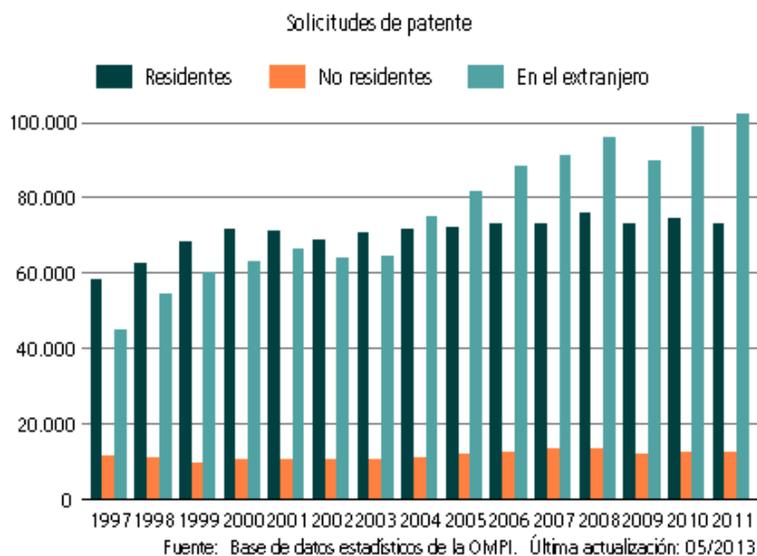
Alemania invierte anualmente 2.69% de su producto interno bruto en la investigación y desarrollo (I+D)⁸².

Cuadro 3. Patentes Solicitadas en Alemania (1997-2011)⁸³

Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	58.284	4	11.291	9	44.697	4
1998	62.640	3	10.843	10	54.311	4
1999	68.219	3	9.502	11	60.140	4
2000	71.840	4	10.406	11	63.163	4
2001	71.297	4	10.486	11	66.425	4
2002	68.637	4	10.589	11	64.069	4
2003	70.519	4	10.663	11	64.302	4
2004	71.494	4	10.786	11	74.981	4
2005	72.165	5	11.855	11	81.808	3
2006	72.888	5	12.573	12	88.394	3
2007	73.036	5	13.139	12	91.040	3
2008	75.900	5	13.177	13	96.204	3
2009	72.971	5	11.724	12	89.551	3
2010	74.401	5	12.198	12	99.131	3
2011	73.216	5	12.458	13	102.334	3

En el *Cuadro 3* se presenta la dinámica de las patentes alemanas para el periodo 1997-2011.

Gráfica 3.



⁸² CEI Competitividad e innovación México-Unión Europea; Alemania: líder mundial en ciencia y tecnología. [En línea] <http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/2060/1/images/alemania.pdf> Consultada el 29 de Junio del 2013.

⁸³ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/de.html Consultada el 29 de Junio del 2013.

El *cuadro 3* y la *gráfica 3* nos muestran que el Estado Alemán se encuentra entre los 5 solicitantes principales de patentes en el mundo, las cuales son usadas para desarrollar y proteger sus mercados a través del conocimiento en otros países del mundo. Nótese que en la columna de *En el Extranjero* en 2011 se ubican en el tercer lugar mundial. Indudablemente el número de patentes solicitadas por Alemania demuestran su gran capacidad innovadora.

Según el *Cuadro 3*, la mayor parte de las patentes concedidas en Alemania fueron presentadas por residentes en *el Extranjero*; Alemania es, junto con los EE.UU y Japón, uno de los países del mundo que más patentes registra en nanotecnología, biotecnología y nuevas tecnologías, así como en energías renovables.

Alemania muestra, como lo ha hecho a lo largo de toda su historia, ser un país muy creativo en el que la educación y la ciencia, la investigación y el desarrollo ocupan un lugar preponderante en una Europa sin fronteras y un mundo de mercados globalizados con lo que aprovecha las oportunidades que ofrecen las fronteras abiertas y las redes mundiales del conocimiento a la vez que promueve los resultados de su I&D a una escala internacional, lo que lo convierte en un país con un alto desarrollo económico potencial.

En el caso de Brasil, el PIB del año 2011 está registrado ante la OMPI con un total de 2021,3 miles de millones de dólares; Brasil es la octava economía del mundo, medida en dólares por el Fondo Monetario Internacional.

Cuadro 4. Patentes Concedidas en Alemania⁸⁴

Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	19.949	4	4.180	10	26.981	3
1998	19.648	4	3.674	11	30.041	3
1999	19.159	4	3.233	13	31.208	3
2000	17.167	4	2.935	13	29.137	3
2001	19.618	4	2.868	13	33.237	3
2002	23.096	4	3.019	13	36.378	3
2003	27.136	4	3.727	14	40.510	3
2004	26.546	4	3.736	14	39.798	3
2005	25.583	4	3.979	12	38.219	3
2006	29.731	4	5.577	12	42.228	3
2007	24.910	5	4.762	13	40.393	3
2008	26.137	5	4.669	12	42.735	3
2009	21.668	6	4.151	13	43.432	3
2010	22.183	5	4.048	14	48.505	3
2011	21.789	5	3.511	17	51.081	3

Para impulsar su desarrollo económico ésta economía emergente estimula la investigación en áreas estratégicas, como energía, aviación, agroindustria, así como en tecnologías de la información y biotecnología.

Según la Agencia Brasileña de promoción de exportaciones e inversiones, la inversión pública brasileña en investigación y desarrollo ha crecido recientemente, alcanzando 1,25 por ciento del PIB en 2011. El país tiene ahora más de 80.000 investigadores y estudiantes trabajando en universidades y empresas privadas. En el *Cuadro 5* se muestra el número de patentes solicitadas en Brasil para el periodo que va de 1997 al 2011. Brasil es el país sudamericano que se encuentra ubicado entre las 20 primeras potencias en ciencia y tecnología; la columna de patentes solicitadas por *No residentes* arroja datos importantes, puesto que el país ha sido punto de reunión de grandes inversionistas, los cuales han impulsado a la innovación y al desarrollo económico territorial brasileño; quiere decir que hay apoyo por parte del gobierno en financiamiento y subsidio de proyectos en innovación tecnológica. Si además consideramos que éste país cuenta con grandes recursos naturales, deducimos que éste gigante sudamericano ya entró en la competencia global y está dejando muy atrás al Estado mexicano.

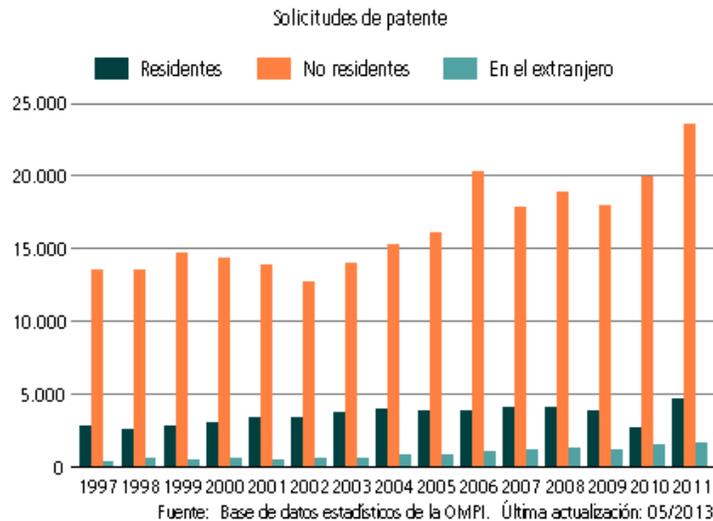
⁸⁴Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/de.html Consultada el 29 de Junio del 2013.

La *Grafica 4* corresponde a la información del *Cuadro 5*.

Cuadro 5. Patentes Solicitadas por Brasil⁸⁵

Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	2.756	15	13.479	7	331	26
1998	2.491	18	13.546	9	588	22
1999	2.816	18	14.693	8	514	26
2000	3.080	17	14.296	8	603	27
2001	3.323	16	13.881	8	509	27
2002	3.365	15	12.657	8	550	28
2003	3.689	13	14.015	8	585	30
2004	3.958	16	15.314	8	770	30
2005	3.905	18	16.100	9	866	30
2006	3.810	18	20.264	9	1.013	27
2007	4.023	17	17.802	9	1.199	27
2008	4.084	16	18.833	9	1.241	27
2009	3.921	17	18.023	9	1.149	29
2010	2.705	22	19.981	9	1.507	26
2011	4.701	16	23.605	8	1.662	26

Gráfica 4.



Como resultado de más inversiones en la formación de estudiantes y de investigadores, intelectualmente el país se está preparando para explorar nuevas fronteras del conocimiento. Según la APEXBRASIL:

⁸⁵ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/br.html Consultada el 30 de Junio del 2013.

"...Brasil ya está entre los 15 principales productores de conocimiento científico del mundo y define los estándares en explotación de petróleo en aguas profundas, en la industria aeroespacial, agroindustria, telecomunicaciones y diseño de software. También es pionero en el desarrollo de fuentes de energía renovable, como etanol y biodiesel..."⁸⁶

Cuadro 6. Patentes Concedidas a Brasil⁸⁷

Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997					247	27
1998	406	29	2.419	15	244	27
1999	424	26	2.795	14	338	24
2000					310	24
2001	685	23	2.904	12	236	29
2002	674	22	3.949	12	237	29
2003					302	32
2004					255	32
2005	249	37	2.190	18	286	32
2006	233	37	2.232	19	360	29
2007					350	32
2008	234	36	2.279	16	396	32
2009	341	35	2.431	17	391	33
2010	314	35	2.937	17	491	31
2011	380	32	3.059	18	567	30

En el *Cuadro 6* de patentes concedidas podemos observar que aunque Brasil es un país pujante y emprendedor, aún no está en el mismo nivel de innovación que países como Estados Unidos, Alemania y Japón.

Las cantidades absolutas de patentes solicitadas y concedidas para los tres países estudiados nos sirven como una buena referencia para conocer la forma en que estos países manejan y concretan su conocimiento científico y tecnológico.

⁸⁶ Agencia Brasileña de promoción de exportaciones e inversiones APEXBRASIL; "Brasil en la era del conocimiento" en la sección de *Ciencia y Tecnología*; Ed. Apex-Brasil, Brasíia, Brasil. [En línea] <http://www2.apexbrasil.com.br/es/investir-en-brasil/porque-investir-en-brasil/ciencia-y-tecnologia> Consultada el 30 de Junio del 2013.

⁸⁷ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/br.html Consultada el 02 de Julio del 2013.

3.2 Indicadores económicos en ciencia, tecnología e innovación de México

Para principios del año 2012, México se ubicaba como la décimo cuarta economía en la escala mundial, algunas proyecciones optimistas de Price wáter house Coopers y HSBC Global Research, estiman que hacia 2050, México puede ocupar el 7° u 8° lugar dentro del escenario mundial, superando a países como Francia, Italia, Canadá, España y Australia.⁸⁸; no obstante, existen limitantes que han impedido consolidar un patrón de desarrollo económico sostenido; entre los factores están los bajos niveles de producto interno bruto (PIB) per cápita, el bajo nivel promedio de escolaridad, y la alta marginalidad de una proporción importante de nuestra población, una ineficiente financiación al sector de investigación e innovación.

A este respecto, el análisis de competitividad de México 2011 nos señala que: “Durante 2011, los servicios (50.3%), las manufacturas (17.7%), el comercio (16.1%) y la construcción (6.3%) fueron los sectores con mayor participación económica dentro del PIB. El crecimiento económico en 2011 se debe principalmente a la expansión del comercio, el cual registró una tasa de crecimiento de 7.6% durante 2011 y del sector industrial (secundario), el cual creció a una tasa de 3.8%”.⁸⁹

La transferencia de tecnología no figura como parte sustancial en el crecimiento económico del país; el intercambio comercial y la manufactura son las principales actividades que México desarrolla y después de la renta petrolera, producen los principales ingresos del país.

La falta de capital de riesgo y de financiamiento empresarial es probablemente el tema más importante para el desarrollo de la biotecnología mexicana. Tal vez la mayor parte de los recursos para impulsar la investigación y desarrollo (I&D) en este sector son

⁸⁸ Análisis de la Competitividad de México: Cierre 2011; p.2 [En línea]
http://www.economia.gob.mx/files/diagnostico_economia_mexicana.pdf Consultado el 03 de Julio del 2013.

⁸⁹ *Ídem*. Pág. 3-4.

los que provienen de entidades como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

Para estudiar los efectos de las políticas públicas en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, y conocer el estado de la infraestructura científica y tecnológica de México en comparación con la situación de los países analizados previamente, a continuación analizaremos los indicadores de las actividades de ciencia y tecnología, y en particular de aquellos relacionados con el sector de la biotecnología.

De 1999 a 2001, CONACyT apoyó proyectos e iniciativas especiales de I&D en el campo, con aproximadamente \$26 millones⁹⁰. En ese periodo el apoyo internacional también fue importante, ya que se obtuvieron financiamientos del Instituto Médico Howard Hughes y de proyectos europeos como Alfa III⁹¹ para varios grupos de investigación en México. También se tuvo un pequeño número de iniciativas privadas cuyo esfuerzo y los gastos económicos en la producción biotecnológica fueron significativos. Se desarrollaron empresas como el Instituto Bioclon y Laboratorios Silanes productores de antivenenos y el desarrollo de nuevas tecnologías para el diagnóstico de trastornos metabólicos; sin embargo, la realidad es que la mayor parte de las compañías mexicanas están dedicadas a la fabricación de productos basados en los procesos tradicionales como la fermentación con gigantescos volúmenes de producción y el manejo de una gran cantidad de recursos económicos, como es el caso de las cerveceras, las cremerías, las productoras de yogurt y los colorantes, entre otros.

Por otra parte, también ha habido efectos recesivos en el presupuesto del gobierno federal otorgado al CONACYT, ya que el mismo se ha visto reducido algunas veces. Por ejemplo, en 2010 se le recortaron al CONACYT 812 millones de pesos, respecto al año precedente. Esto fue debido a decisiones tomadas por el consenso de la Cámara de Diputados y Senadores y la Secretaría de Hacienda, obedeciendo a situaciones particulares

⁹⁰Arriaga, E. & Larqué, A. in *Biotecnología Moderna para el Desarrollo de México en el Siglo XXI, Retos y Oportunidades*. ed. Bolívar, F. CONACyT y Fondo de Cultura Económica, México, 2002. Pp. 45–70.

⁹¹ Dirección General de Relaciones y Cooperación; Programa Alfa (UE) en Portal Web de Relaciones y Cooperación [En línea] http://cooperacion.udelar.edu.uy/es/?page_id=113 Consultado el Lunes 05 de Julio del 2013

de la economía nacional. Estas decisiones se toman sin considerar que el país se encuentra en una de las categorías bajas del índice de desarrollo humano y que nuestro país se ubica en el lugar 63 de competitividad en el sector de ciencia y tecnología de entre 142 países⁹².

Este recorte puede interpretarse como que tanto el poder Ejecutivo como el Legislativo no visualizan la importancia de apoyar a la innovación, y por lo contrario, se sigue apostando por la compra o importación de tecnología y bienes de capital así como por la entrada de capital externo acosta de nuestra propia soberanía nacional. Este problema tendría que ser arrancado de raíz ofreciendo más y mejores fuentes de financiamiento para la I&D como sucede en otros países en vía de desarrollo que tienen economías crecientes. Esta situación se agrava debido a la apertura comercial que se dio en el país desde mediados de los años ochenta y posteriormente con la firma del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. Con esta política económico-comercial el desarrollo económico se puso a merced de nuestro vecino del norte propiciando la entrada de capital extranjero con las tremendas consecuencias que hemos venido viendo a lo largo de los años, tales como el aumento de la pobreza y del desempleo y la exagerada concentración de capital en muy pocas manos.

Durante el sexenio de Vicente Fox, se destinó únicamente el 0.34% del PIB en ciencia y tecnología, es decir, aproximadamente una tercera parte de un 1%, mientras, como hemos visto, en otros países se destinan varios puntos porcentuales. Esta situación a la larga provocará efectos negativos en el país tales como la falta de creación de empresas innovadoras y la consecuente disminución del mercado laboral.

A finales de la primera década del Siglo XXI, México alcanzó el lugar 52 del Índice de Desarrollo Humano, y en el lugar 63 en competitividad e innovación, derivado de la baja inversión en este rubro. Por ello, la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados propuso destinar 4,678 millones de pesos para diversos órganos científicos y de

⁹² Organización Mundial de la Propiedad Intelectual; *Mejora México en Innovación*; [En línea] <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/comunicacion-social/cti-al-instante/1647-mejora-mexico-en-innovacion-ompi> Consultado el Martes 06 de Julio del 2013.

investigación.”⁹³ Lo cual no fue aprobado en 2010. En los diferentes sectores económicos del país existe un consenso de que México ha cometido el error de invertir muy poco del PIB en el área de ciencia y tecnología, muy por debajo de los países desarrollados por lo que ocupa uno de los últimos lugares en ciencia y tecnología, según la OCDE.

En el *Cuadro 7* se presentan los indicadores de competitividad y el porcentaje del PIB dedicado a ciencia y tecnología, y la inversión del sector privado en investigación y desarrollo respecto al PIB según los registros de los años 2006 a 2012 del Programa de Estado de la Ciencia, Tecnología e Innovación. Cabe aclarar que según la Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI) el Producto Interno Bruto de México en 2011 fue de 1466, 64 miles de millones de dólares, ubicando a México en la posición mundial número 11⁹⁴.

Cuadro 7. Indicadores del Programa de Estado de la Ciencia, Tecnología e Innovación⁹⁵

INDICADORES DEL PECITI, 2008-2012									
Indicador	Fórmula	Unidad de medida	Periodicidad		2008	2009	2010	2011	2012
1 Competitividad del país	Posición de México en el Índice Global de Competitividad del Foro Económico Mundial	Posición	Anual	P	48	43	38	35	30
				R	60	60	66	58	
Inversión nacional en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB	(Gasto en Investigación y Desarrollo (GIDE)/PIB)*100)	Porcentaje	Anual	P	0.62	0.7	0.87	1.0	1.2
				R	0.42	0.43	0.47 ^{*/}	0.44 ^{*/}	
Inversión del sector privado en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB	(Gasto en Investigación y Desarrollo (GIDE) del sector privado/PIB)*100	Porcentaje	Anual	P	0.30	0.35	0.45	0.55	0.65
				R	0.16	0.17	0.16 ^{*/}	0.19 ^{*/}	

^{*/} Cifras estimadas.

En el cuadro anterior, la letra *P* representa los números o porcentajes *programados* a inicio del año, mientras que la *R* son los mismos indicadores pero de forma *real*, o sea, los

⁹³Ramos R. y Flores L.; “Recortan a Conacyt \$812 millones en el 2010” en *El Economista*, Sección Primer Plano, 10 de Noviembre del 2009. [En línea] <http://eleconomista.com.mx/notas-impreso/politica/2009/11/10/recortan-conacyt-812-millones-2010> Consultado el 31 de Julio del 2013

⁹⁴Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/mx.html#note Consultada el 1 de Agosto del 2013.

⁹⁵ Informe General del Estado de la Ciencia, Tecnología e Innovación; Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, México, 2011. Pp. 137

que se alcanzaron a realizar a final de año. Necesariamente surge la pregunta: ¿Por qué estando entre las primeras 20 economías mundiales, México no puede llegar al 1% de financiamiento en el área que actualmente es una de las más importantes a nivel internacional?, parece que la respuesta es, que aunque aparentemente se tiene capacidad de financiamiento, existe desentendimiento de la situación por parte de los diferentes sectores empresariales y políticos del país.

Del *Cuadro 7* podemos observar que en la realidad, los indicadores mostrados fueron incapaces de alcanzar los valores programados por el gobierno mexicano, tan sólo se mantienen en el mismo lugar o empeoran respecto al paso del tiempo puesto que el nivel de competencia va aumentando y por lo tanto, siguiendo una dinámica similar, las metas económicas del país tampoco se han podido alcanzar.

El Gobierno continúa como la principal fuente de recursos para las acciones de ciencia y la tecnología en nuestro país, ya que durante el año 2011 financió con exactamente el 0.44% del gasto nacional; en segundo lugar se ubicó al Sector Privado, incluyendo el gasto de las empresas, las familias y del sector externo, quienes aportaron 0.19 por ciento del total del PIB y por último fue financiado por las instituciones de educación superior con recursos propios.

Las cifras anteriores indican que no han sido suficientes en los niveles del gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (IDE)⁹⁶, específicamente en el sector productivo, ya que la tendencia del PIB nacional no ha tenido un incremento sostenible, sino que por lo contrario, ha disminuido considerablemente durante los últimos años.

Otros indicadores que muestran la situación tan precaria que tiene el desarrollo nacional del sector ciencia/tecnología se muestran en el *Cuadro 8*.

⁹⁶ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología 2010*. México, Diciembre, 2010. Pág. 09

Cuadro 8. Indicadores sobre actividades científicas y tecnológicas en México de 2008 a 2010⁹⁷

Indicador	Unidad de medida	Valores			Variación anual	
		2008	2009	2010	2009	2010
Patentes solicitadas en México ^a	Número	16 581	14 281	14 576	-13.9	2.1
Patentes concedidas en México ^b	Número	10 440	9 629	9 399	-7.8	-2.4
Acervo de recursos humanos en ciencia y tecnología ^c ^d	Miles de personas	9 540.2	9816.9	10 118.8	2.9	3.1
Población que está ocupada en actividades de ciencia y tecnología ^d	Miles de personas	5 492.8	5 736.9	5 893.8	4.4	2.7
Proporción de la población económicamente activa ocupada que labora en actividades de ciencia y tecnología	Porcentaje	12.6	13.1	13.3	3.7	1.5
Egresados de licenciatura	Personas	308 590	333 378	344 651	8.0	3.4
Graduados de programas de doctorado	Personas	2 554	2 724	2 927	6.7	7.5
Miembros del sistema nacional de investigadores	Personas	14 681	15 565	16 600	6.0	6.6
Aposos a becarios del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en el país y el extranjero	Becas vigentes (Personas)	26 918	30 634	37 396	13.8	22.1
Gasto federal en ciencia y tecnología	Millones de pesos	43 829.2	45 973.6	54 436.4	4.9	18.4
Establecimientos certificados con ISO 9001:2000 y 14001	Número	1 497	1 847	2 356	23.4	27.6
Saldo de la balanza de pagos tecnológica	Millones					

⁹⁷ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2011*. México. Diciembre 2011. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). IMPI en Cifras 2008 y 2010. México. 2012. [En línea] <http://www3.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=19007> Consultado el 01 de Agosto del 2013.

(ingresos (exportaciones) y pagos(importaciones) del flujo de dinero que se produce por la utilización de patentes entre México y el resto del mundo)	de dólares	-828.9	-1 728.2	<u>ND</u>	108.5	<u>ND</u>
Exportaciones mexicanas de bienes de alta tecnología	Millones de dólares	46 536.6	41 965.9	52 124	-9.8	24.2
Importaciones mexicanas de bienes de alta tecnología	Millones de dólares	60 630.0	82 807.2	62 980.0	36.6	-23.9

Notas:

^a	A partir de 1995, incluye patentes solicitadas vía tratado de cooperación en materia de patentes. En el IMPI
^b	A partir de 1997, incluye patentes concedidas vía tratado de cooperación en materia de patentes. En el IMPI
^c	En el Manual de Canberra se define al ARHCyT como el subconjunto de la población que ha cubierto satisfactoriamente la educación de tercer nivel de acuerdo con la Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (ISCED, por sus siglas en inglés), en un campo de la ciencia y la tecnología y/o está empleada en una ocupación de ciencia y tecnología que generalmente requiere estudios de tercer nivel. El tercer nivel de acuerdo con la ISCED comprende los niveles educativos posteriores al bachillerato, estudios conducentes a grados universitarios o superiores (ISCED 5A: licenciaturas; ISCED 6: especialidades, maestrías y doctorados) y estudios de tercer nivel que crean habilidades específicas (ISCED 5B: carreras de técnico superior universitario).
^d	A partir de 2006 se refiere a la población catalogada como disponible de acuerdo con la definición de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo
ND	No disponible.

En los datos mostrados en el *Cuadro 8* puede notarse que en general los indicadores que reflejan los resultados de la ciencia aplicada y del desarrollo tecnológico en todo el país son muy bajos, respecto al tamaño de la población nacional. Esto al final puede ser el resultado tanto de la insuficiente inversión y apoyo del gobierno mexicano a todo el sector tecnológico nacional; pero también de la falta de interés del sector privado; por lo tanto, aún los sectores científico-tecnológicos estratégicos como la biotecnológica necesariamente se ven carentes del impulso económico necesario.

En el cuadro anterior, también se encuentra uno de los indicadores básicos de propiedad intelectual más representativos para medir la actividad tecnológica en un país, las patentes. La idea central del sistema de patentes es que en estos documentos los detalles de la invención se hacen públicos para estimular el desarrollo de nuevos productos, a cambio de que el Estado otorgue al inventor el monopolio de la explotación comercial de la invención durante un tiempo específico, en un sistema de exclusividad, lo que genera un

incentivo económico para los inventores. En nuestro país la institución encargada de regular los asuntos relativos con la propiedad industrial es el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). El número de patentes solicitadas por los residentes al IMPI mide indirectamente la producción tecnológica, ya que generalmente se realizan solicitudes de patentes para las invenciones que pueden dar origen a productos tecnológicos que al lanzarse al mercado pueden ser explotados comercialmente.

Las cifras de patentes solicitadas y concedidas del cuadro anterior son la suma de las solicitudes de los *Residentes* y de los *No Residentes* en territorio nacional, hechas al IMPI, en ellas no están consideradas las cantidades de patentes de los mexicanos *en el Extranjero* que la OMPI ofrece en los cuadros subsecuentes; ello se debe a que los inventores solicitan sus patentes en oficinas de propiedad intelectual extranjeras al país, tales como la Oficina de Patentes de los Estados Unidos de Norteamérica, la Oficina de patentes canadiense, del Reino Unido, de la Unión Europea, entre otras.

Para complementar la información anterior, a continuación se presenta el *Cuadro 9*, con las estadísticas históricas (1997-2011) reportadas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en las que se incluyen los resultados tanto de las solicitudes de *residentes* como de *no residentes*, las solicitudes hechas *en el extranjero* y la posición que guarda México en el concierto de países que patentan en el mundo.

Cuadro 9. Solicitudes de Patentes en México⁹⁸

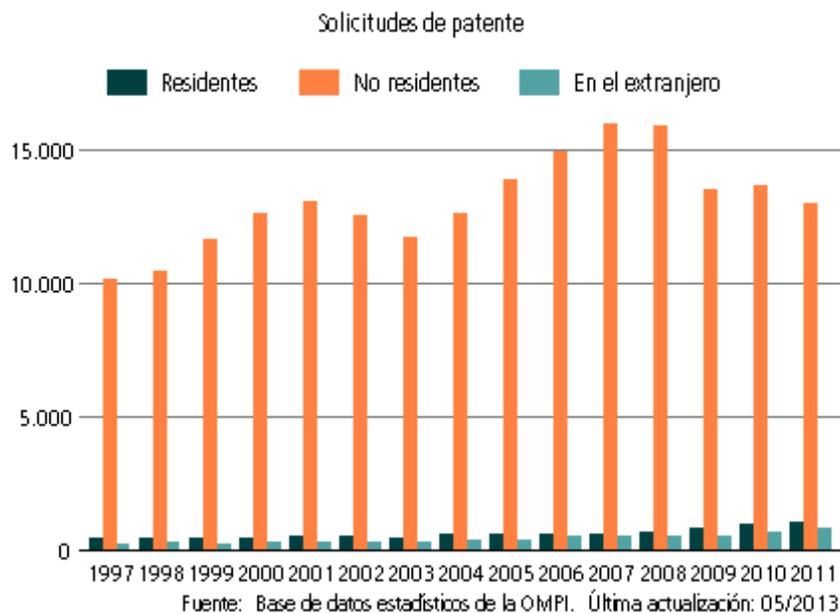
Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	420	35	10.111	11	192	31
1998	453	37	10.440	11	268	32
1999	455	37	11.655	9	249	32
2000	431	39	12.630	9	332	31
2001	534	37	13.031	9	308	32
2002	526	39	12.536	9	275	32
2003	468	41	11.739	9	290	37
2004	565	38	12.633	10	341	39
2005	584	39	13.851	10	351	39
2006	574	41	14.931	10	480	34
2007	629	40	15.970	10	540	37
2008	685	39	15.896	10	552	39
2009	822	37	13.459	10	518	39
2010	951	36	13.625	11	680	38
2011	1.065	33	12.990	12	853	37

A partir de los datos anteriores se muestra una gráfica que representa el número de solicitudes referentes a las patentes de residentes nacionales mexicanos, tanto en el extranjero como en el país; Si observamos las cantidades que sobresalen son las solicitudes realizadas por los extranjeros en territorio nacional, a ellos se les clasifica como *no residentes*.

En la *Gráfica 5* podemos ver que en el periodo que va entre desde 1997 a 2011, el promedio de solicitudes de patente en México ha oscilado entre 10,000 a 15,000 solicitudes. De las cuales solamente una porción de entre el 30 al 40% son solicitudes en el área de investigación y desarrollo tecnológico.

⁹⁸Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/mx.html#note Consultada el 1 de Agosto del 2013.

Grafica 5.



Los cuadros y las gráficas muestran que existe una gran falta de interés por parte tanto de las empresas como de los inventores independientes y de las instituciones de enseñanza y de investigación y desarrollo por patentar. En otras palabras no encuentran la razón de hacerlo mientras que las instituciones encargadas de su promoción tampoco han sido muy exitosas.

Cuadro 10. Patentes Concedidas (México)⁹⁹

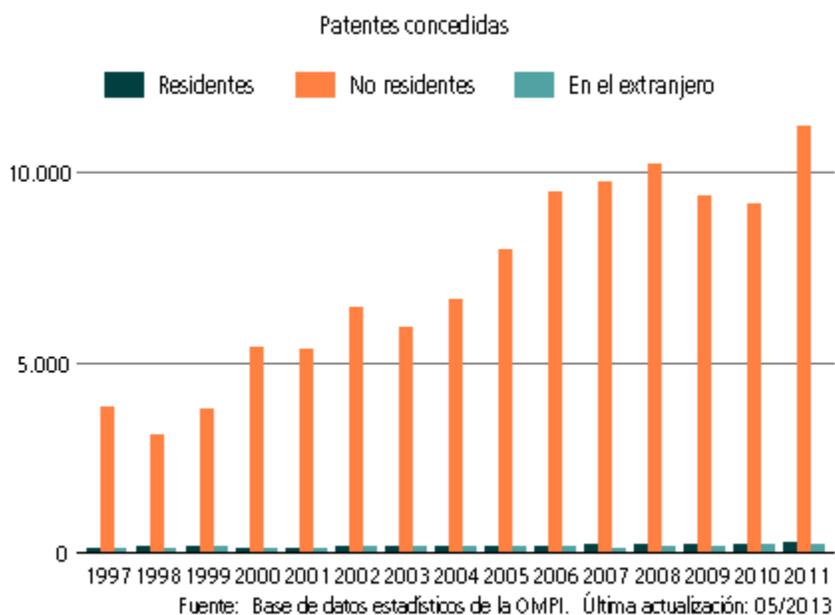
Año	Residentes	Posición	No residentes	Posición	En el extranjero	Posición
1997	112	46	3.832	12	90	31
1998	141	42	3.078	13	100	32
1999	120	44	3.779	12	133	31
2000	113	41	5.414	8	111	32
2001	118	44	5.358	9	102	32
2002	138	38	6.478	9	143	31
2003	122	42	5.930	10	125	36
2004	162	35	6.676	9	137	34
2005	131	43	7.967	8	166	34
2006	135	46	9.497	7	133	37
2007	201	39	9.756	9	119	42

⁹⁹Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/mx.html#note Consultada el 1 de Agosto del 2013.

2008	197	40	10.243	9	141	41
2009	213	41	9.416	8	173	43
2010	229	38	9.170	8	195	42
2011	245	36	11.240	8	232	41

Aparentemente, las patentes concedidas a no residentes tienen una intención de control de mercados y son las patentes nacionales que corresponden a invenciones ya patentadas en otros países como es el caso de la industria farmacéutica.

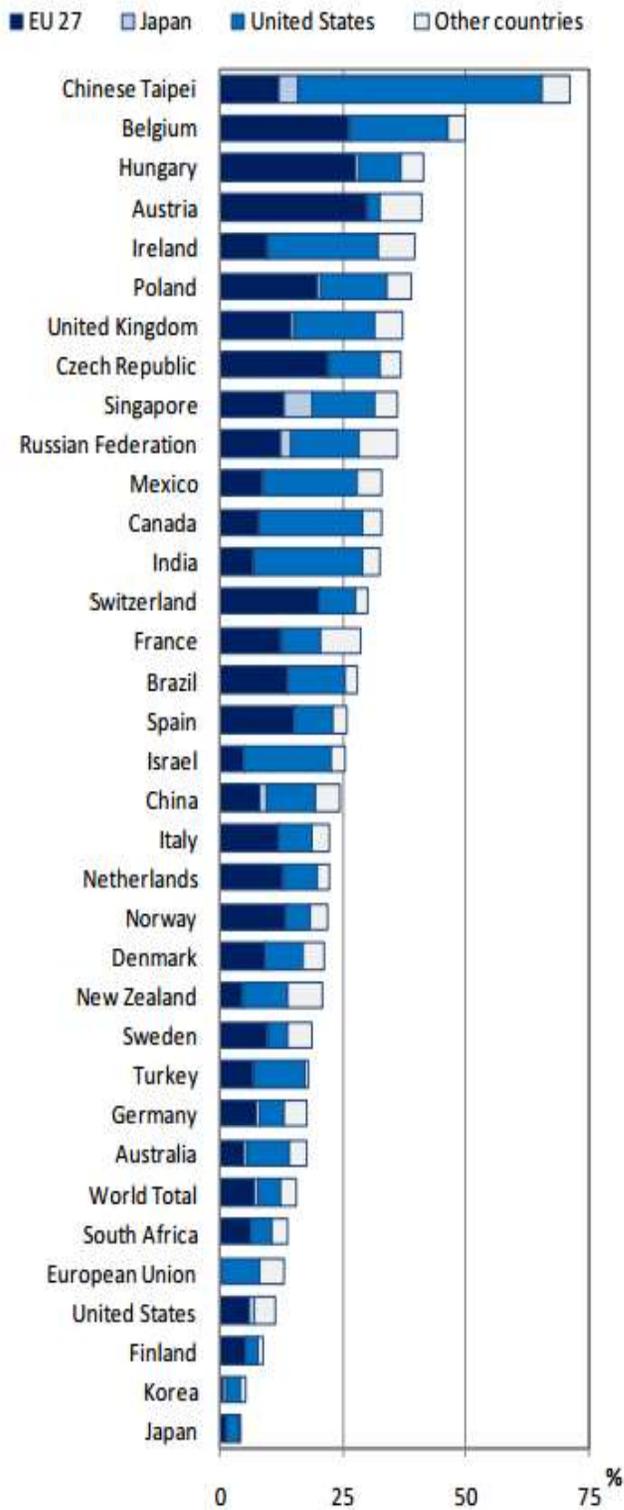
Gráfica 6.



En la *Gráfica 6*, sobresalen las barras de no residentes, demostrando que el interés en la propiedad intelectual por parte de los inventores nacionales es prácticamente inexistente; confirmando que estamos muy lejos de la actividad que tienen los países líderes del mundo en esta materia.

Dado que los resultados globales del país con referencia a las solicitudes y concesiones anuales de patentes son muy bajos, por extensión podemos concluir que las patentes biotecnológicas son muy pocas. A continuación en la *Gráfica 7* podemos comprobar que existe una gran competencia entre los países que son grandes generadores de patentes, cuyo objetivo es el dominio de los mercados mundiales.

Gráfica 7. Propiedad extranjera de invención doméstica por país 2003-2005¹⁰⁰



¹⁰⁰ OECD, Patent Database, in Compendium of patent statistics, June 2008. [En línea] <http://www.oecd.org/sti/inno/37569377.pdf> Consultada el 1 de Agosto del 2013

Es importante hacer notar que en la *Gráfica 7* sólo los países / economías con más de 300 patentes durante el período se incluyen en la gráfica. La Unión Europea (UE) se considera como un país.

Visto desde una perspectiva más amplia, tan sólo cuatro naciones concentran más del 60.0 por ciento de la producción de patentes. Como discutimos en el apartado anterior, Estados Unidos ocupa el primer lugar con un porcentaje seguido de países de la Unión Europea como Reino Unido, Alemania y finalmente el continente Asiático entra en la competencia con Japón. En este sentido es urgente aprovechar la cercanía e incrementar los programas de intercambio académico con los Estados Unidos de Norteamérica, país que es el máximo productor científico.

También se muestra que las patentes que se solicitan en México por no residentes son principalmente solicitadas por inventores de los Estados Unidos de Norteamérica y de la Unión Europea, que naturalmente son los países en los que se encuentran los grandes consorcios farmacéuticos y de procesos químicos industriales del mundo.

Muchas de estas patentes son de invenciones relacionadas con la biotecnología, lo cual propicia la creación de nuevas empresas, con lo que los países propietarios obtendrán un mayor nivel competitivo en los mercados internacionales respecto al área. Para justificar lo anterior, en el *Cuadro 11* mostramos las aplicaciones de patentes mundiales por campo tecnológico en los últimos años.

El campo biotecnológico presenta un incremento del 3% entre el periodo correspondiente entre 2006 al 2010, mientras que en otras áreas industriales hubo disminuciones en el mismo periodo, esto se puede interpretar como el interés existente en los países desarrollados en este sector en el que poco a poco se amplía el intercambio comercial y el tamaño de los mercados internacionales promoviendo la competitividad entre los países. Indudablemente que esta tabla nos indica que la evolución en el campo biotecnológico va en incremento y que es necesario establecer un plan estratégico para promover al sector en nuestro país, aumentando tanto el financiamiento como las fuentes del mismo.

Cuadro 11. Aplicaciones de patentes mundiales por campo tecnológico¹⁰¹

Año de publicación	2006	2007	2008	2009	2010	2006-10 (%)
Campo Tecnológico						
Ingeniería Eléctrica						
Máquinaseléctricas, aparatos, energía	96,308	98,889	102,947	109,288	112,896	4.1
Tecnología Audio-visual	94,227	90,504	88,905	83,071	78,637	-4.4
Telecomunicaciones	69,290	67,506	68,419	59,161	54,416	-5.9
Comunicacionesdigitales	52,445	55,471	61,604	66,167	71,499	8.1
Procesos de comunicaciónbásicos	16,723	16,650	17,096	16,542	15,919	-1.2
Tecnología de computadoras	117,471	120,999	131,533	129,952	126,897	1.9
Métodos de administración de TI	18,789	18,810	21,087	24,354	22,633	4.8
Semiconductores	73,709	74,893	78,978	76,273	75,213	0.5
Instrumentos						
Opticos	73,284	73,937	72,815	67,833	62,385	-3.9
Medición	61,089	63,950	69,242	73,627	73,905	4.9
Análisis de materials biológicos	10,189	10,431	10,495	11,045	10,553	0.9
Control	26,069	26,696	27,977	28,422	27,986	1.8
TecnologíaMédica	65,841	70,779	72,560	73,353	72,630	2.5
Química						
Químicaorgánicafina	50,499	49,271	50,178	49,480	49,055	-0.7
Biotecnología	32,311	32,242	33,564	35,802	36,362	3.0
Farmacéuticos	68,289	69,207	68,649	66,981	63,992	-1.6
Química macromolecular, polimeros	25,516	26,323	26,820	27,284	27,309	1.7
Química de alimentos	20,003	21,137	22,807	26,587	26,840	7.6
Química de materials básicos	35,158	37,205	39,351	40,522	41,746	4.4
Materials, metalurgia	27,650	29,313	32,568	33,904	35,651	6.6
Tecnología de superficies y recubrimientos	27,972	28,437	29,777	31,871	32,222	3.6
Micro-estructuras y nano-tecnología	1,893	2,147	2,281	2,648	2,881	11.1
IngenieríaQuímica	30,991	31,802	33,650	34,539	35,123	3.2
Tecnologíasambientales	20,286	21,186	22,030	23,706	24,810	5.2
IngenieríaMecánica						
Manejo de mercancías	41,295	41,624	41,515	41,464	41,099	-0.1
Máquinasherramientas	35,472	35,653	37,264	39,662	42,165	4.4
Máquinas, bombas y turbinas	38,912	40,910	42,315	46,979	47,033	4.9
Máquinas para textiles y papel	36,177	34,914	32,706	31,348	29,739	-4.8
Otrasmáquinasespeciales	43,182	42,720	4,511	46,320	47,320	2.3
Procesostérmicos y aparatos	24,298	24,797	25,213	26,829	28,875	4.4
Elementosmecánicos	41,126	42,989	46,316	46,032	45,143	2.4
Transportes	62,678	63,876	66,049	68,948	65,305	1.0
Otros campos						
Muebles, juegos	43,192	43,670	44,085	43,020	41,722	-0.9
Otrosbienes de consumo	32,049	31,083	31,145	31,425	31,302	-0.6
Ingeniería Civil	51,645	52,089	51,722	54,228	55,049	1.6

¹⁰¹ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países; Bases de datos estadísticas (WIPO, 2012) y de la Oficina Europea de patentes, Octubre 2012 Consultada el 03 de Agosto del 2013.

Es innegable que México está rezagado en la carrera tecnológica mundial, si bien no puede considerarse que las patentes sean el único indicador de desempeño y calidad de la investigación y la innovación, o de la capacidad empresarial del sector en el país, sí constituyen un indicador de la capacidad tecnológica y en particular de la biotecnología.

Los números reflejan que el conocimiento de calidad mundial que los investigadores y profesionales del área de biotecnología generan en el país, no se traduce prácticamente en tecnologías transferibles y explotables comercialmente. La escasa producción de patentes en biotecnología derivadas de inventores mexicanos y sobre todo de empresas mexicanas, refleja la *dependencia tecnológica* que México tiene en ese sector, como en otros tantos.

Otro de los indicadores más representativos en ciencia y tecnología es el llamado Gasto Interno en Investigación y Desarrollo Experimental por sus siglas también llamado GIDE¹⁰². Este indicador mide los recursos que son utilizados en actividades de investigación y en la generación de conocimiento básico y aplicado, digamos que es un indicador económico indirecto del financiamiento con que cuentan las actividades de I&D del país.

El GIDE, es sin duda, en México el más representativo de los indicadores económicos relativos al gasto en Ciencia y Tecnología, en él se establece el porcentaje del PIB aplicado al desarrollo experimental en la secuencia Investigación + Desarrollo +Innovación (I+D+i); es decir, a las ciencias que a través de la innovación y el desarrollo de tecnología, tienen impacto en el crecimiento económico.

Al igual que con los datos anteriores, el GIDE en México se encuentra por debajo de economías emergentes como es el caso de Rusia, India, China, Brasil y Sudáfrica, ocupando un lugar poco favorable en relación con diversos indicadores de investigación y desarrollo experimental.

¹⁰² Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; Informe general del estado de la ciencia y la tecnología. México, Diciembre, 2010. Pág. 26.

Durante 2011 se estima que el gasto en investigación y desarrollo experimental (GIDE) registrado en nuestro país fue de 65,465.4 millones de pesos¹⁰³.

En ese año se presentó un financiamiento para esta área del 0.46% del PIB nacional, porcentaje que disminuyó respecto al 2010 puesto que se había invertido el 0.48%, de hecho, nuestro país se ubica por debajo del promedio latinoamericano de 0.69% en ese año. Por otro lado, si revisamos los porcentajes de PIB destinados a IDE en países desarrollados, como es el caso de nuestros socios norteamericanos comerciales, Canadá invierte el 1.80% y Estados Unidos el 2.90% total actual, nos percatamos de que México se encuentra muy lejos de los estándares promedio¹⁰⁴. El *Cuadro 12a* continuación muestra una comparación de la participación del GIDE a nivel internacional.

Cuadro 12.

PARTICIPACIÓN DEL GIDE EN EL PIB POR PAÍS, 2010	
Porcentaje	
País	GIDE/PIB %
Finlandia	3.87
Corea	3.74
Suecia	3.43
Japón	3.36
EUA (2009)	2.90
Alemania	2.82
Canadá	1.80
China (2009)	1.70
España	1.37
Brasil	1.24
India (2007)	0.80
Cuba (2009)	0.64
Argentina (2009)	0.59
México	0.48
Chile (2008)	0.39
Promedio OCDE (2009)	2.40
Promedio Unión Europea	1.91
Promedio Latinoamérica	0.69

Fuentes: Conacyt-INEGI, Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Experimental, 2010.
 OECD, *Main Science and Technology Indicators*, 2011-2.
 RICYT, *Indicadores Iberoamericanos de Ciencia y Tecnología*, 2011.

¹⁰³ *Ídem*; Pág.26

¹⁰⁴ *Ibíd.*, Pág. 29

Principales Economías en el Mundo 2013 (OCDE)

Porcentaje del PIB invertido en I&D (2011)

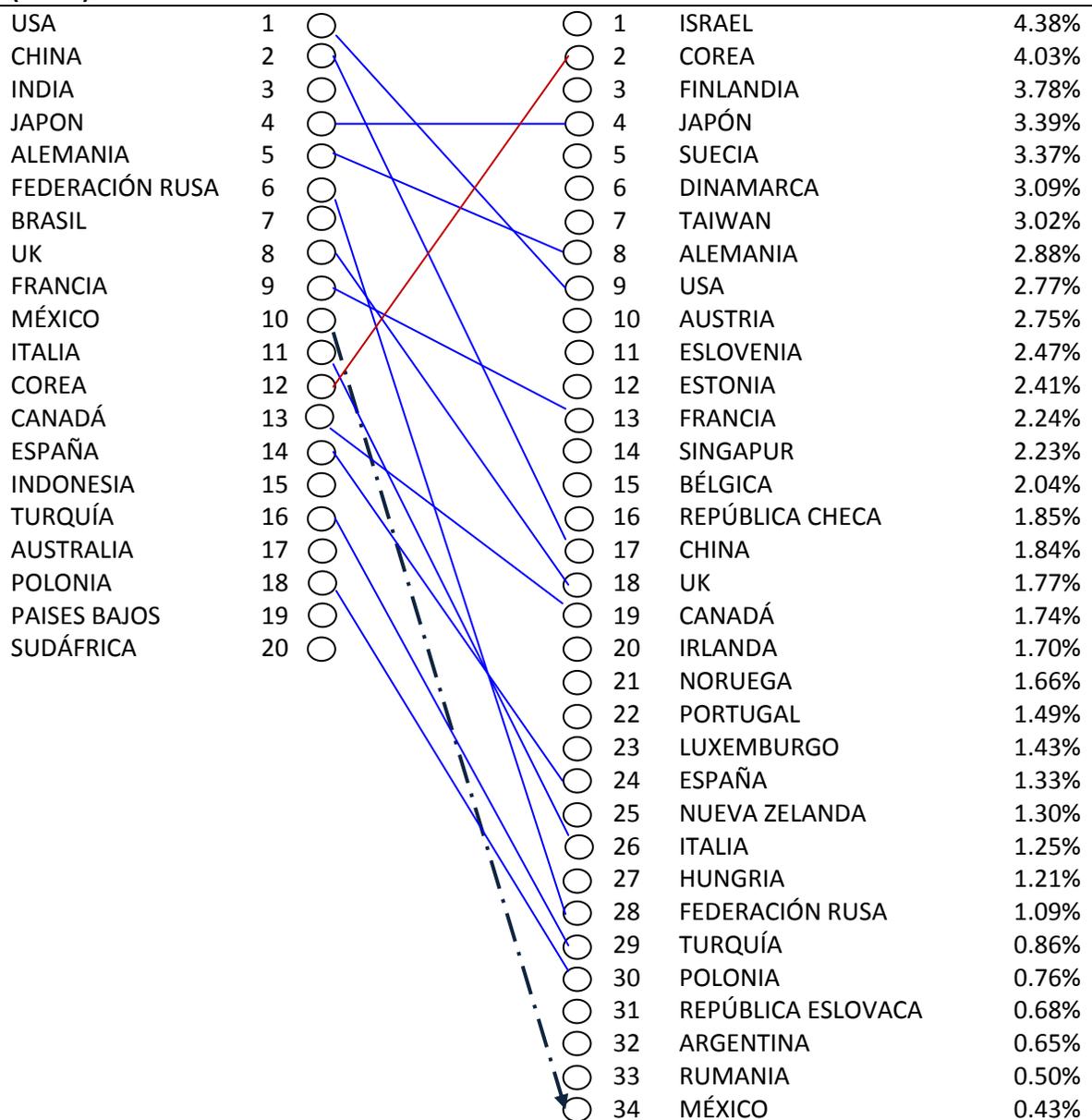


Figura 7. Principales economías del mundo VS % del PIB destinado a I&D¹⁰⁵

¹⁰⁵Vance Erick,. Why can't Mexico make science pays off? En *Scientific American. com*, October 2013, pp.67-71

Es preocupante la situación, ya que el promedio regional de este indicador se ha venido incrementando de manera consistente en los últimos años y México sólo se encuentra por arriba de Chile en relación a los países latinoamericanos.

En la *Figura 7* se muestra que en lugar de canalizar más apoyo para investigación y desarrollo experimental, para el año 2013 el porcentaje del PIB canalizado a I&D cayó del 0.48% al 0.43%.

El mensaje de esta caída confunde, ya que por un lado se coloca a México como la décima economía a nivel mundial, lo que indica que no es un problema de recursos económicos, sino que la parálisis en la investigación y desarrollo probablemente tiene que ver con una cultura de aversión al riesgo en la que los empresarios buscan utilidades rápidamente, sin dar tiempo a madurar a las empresas. También existe una falta de espíritu emprendedor, ya que cuando una empresa falla y llega a la quiebra, el empresario se derrumba y no quiere volver a emprender, mientras que en otros países como los Estados Unidos de Norteamérica cuando una empresa cierra, inmediatamente se buscan nuevas oportunidades. Parecería que en México el empresario quiere que al primer intento se logre el éxito de las empresas y las mismas se vuelvan altamente rentables.

Por otra parte no existen mecanismos apropiados para lograr el enlace entre las iniciativas que parten de los resultados de las instituciones que realizan I&D y el establecimiento de empresas con apoyo financiero del Estado; además el trato fiscal que se da a las mismas tiene menos concesiones que en el caso de grandes empresas que ya se encuentran en su madurez productiva.

Una posible razón de que el financiamiento hacia la I&D ha sido extremadamente bajo puede ser debido a que las organizaciones mexicanas prefieren la actitud cómoda de importar tecnología que generarla; mientras que la generación y el desarrollo de empresas biotecnológicas precisa de la intensa aplicación de recursos orientados a experimentación en todas las etapas del desarrollo industrial, desde los prototipos de laboratorio, pasando por las plantas piloto; etapas preindustriales y el escalamiento industrial. Todo esto requiere

de centros u organismos de integración y evaluación de la factibilidad técnico-económica de la tecnología.

El primer paso podría ser la generación de prototipos de invernaderos, viveros y campos agrícolas, de bioterios con modelos animales de prueba, plantas de producción, fermentación, purificación química, e incluso hospitales y centros de salud que permiten la realización de pruebas clínicas de campo.

Si bien no existen datos disponibles que cuantifiquen el Gasto sobre Investigación y Desarrollo Experimental GIDE, en cualquiera de sus formas y orígenes, orientado a proyectos de innovación o proyectos productivos en biotecnología en México, pueden hacérselas siguientes consideraciones.

En México la biotecnología tiene impacto en los sectores de salud, servicios ambientales, en industria de alimentos y bebidas al igual que en agricultura, los cuales constituyen entre el 5 y el 20% del gasto total GIDE, sumando los sectores anteriores se estarían pensando en montos de 3,000 a 13,000 millones de pesos anuales orientados a la biotecnología, tomando en cuenta los recursos de los sectores productivos de estas áreas empresas, industrias y gobierno.

Aunque pudieran parecer cantidades enormes de dinero, en realidad son pequeñas, puesto que en países desarrollados se llega a considerar que algunos proyectos por sí solos tienen ese grado de financiamiento en infraestructura, sector de investigación desarrollo de biotecnología con instituciones de educación; principalmente por el impacto que la biotecnología puede generar en ganancias económicas, políticas y sociales.

En términos generales se puede decir que el escaso desarrollo de la biotecnología en México es consecuencia, entre otras causas, de la aplicación de un insuficiente GIDE. Como hemos visto, este indicador es una referencia de gran valor para evaluar la brecha existente entre la capacidad de la infraestructura de I&D para la aplicación del conocimiento científico y tecnológico, para el desarrollo y difusión de nuevos productos en

nuestro país, en relación con lo que sucede en los países industrializados y líderes en este campo.

3.3 Situación de las empresas y la formación de recursos humanos en biotecnología en México

Una vez revisado el contexto internacional, estudiemos ahora cuál es la situación de los distintos sectores relacionados con la biotecnología en México.

3.3.1 Productos biotecnológicos tradicionales

Nuestro país tiene una historia interesante en cuanto a la evolución que han tenido las empresas biotecnológicas dedicadas a la fabricación de productos alimenticios tradicionales. Tal es el caso del pozol, bebida hecha a partir de maíz, que se remonta a la época prehispánica. Existen muchos otros ejemplos de bebidas similares como es el caso del Tejuino, producido por los indígenas huicholes al Occidente del país y del Tepache, que es la bebida más conocida, cuyo nombre proviene del nahuatl “tepiatl”¹⁰⁶ que significa bebida de maíz, pero que hoy es más conocida cuando se elabora con las cáscaras de piña, agua y azúcar. Otro ejemplo interesante es el pulque que se produce desde la época del reino de Tenochtitlán en que los mexicas aprendieron a extraer el agua miel del maguey, a fermentarlo y a consumirlo. Otra bebida natural y refrescante es la Tuba producida a partir de las palmas de coco, de las cuales se extrae el néctar o agua miel que posteriormente entra a un proceso de fermentación¹⁰⁷. Las bebidas mencionadas no son muy conocidas entre la población urbana pero son de gran tradición indígena y el proceso común que tienen todas ellas es la fermentación que es base de su producción.

¹⁰⁶Gómez.Pereira Belén; “Las 5 bebidas más tradicionales de México” en *México Desconocido* Sección de Gastronomía; [En línea] <http://www.mexicodesconocido.com.mx/las-5-bebidas-mas-representativas-de-mexico-el-tepache.html> Consultado el 10 de Agosto del 2013.

¹⁰⁷Granados-Sánchez, D. y López-Ríos, G. F. *Manejo de la palma de coco (Cocos nucifera) en México*. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 2002. 8 (1), 39-48.

Albert Sasson menciona que: “*Los procesos de fermentación constituyen una gran proporción de la industria biotecnológica en México pero está basada principalmente en técnicas tradicionales...*”, y añade que las tecnologías avanzadas estaban siendo utilizadas en instituciones de investigación o centros universitarios sin contar con una base industrial o estaban en manos de corporaciones extranjeras”¹⁰⁸

3.3.2 Formación de recursos humanos especializados en biotecnología

Desde su surgimiento, la biotecnología en México orientó sus esfuerzos a la formación de profesionales posgraduados del más alto nivel. La creación de centros de investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, consolidaron una estructura docente y académica. Sin embargo, salvo raras excepciones como es el caso de la empresa *Factor de Transferencia* de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN¹⁰⁹, muy pocos esfuerzos académicos se han traducido en la creación de empresas, de empleos, o de unidades de negocio orientadas a la biotecnología. En general se puede decir que son contados los casos de empresas de Base Tecnológica en biotecnología que han sido impulsadas por las instituciones mencionadas.

México ha contribuido con el desarrollo científico de la biotecnología moderna desde finales de 1970. Algunos ejemplos de científicos mexicanos destacados en el campo son el Dr. Francisco Bolívar Zapata del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México en Cuernavaca, quien participó en el desarrollo de la primera proteína genéticamente modificada (hormona de crecimiento humano) y el desarrollo de los

¹⁰⁸Sasson, Albert; *Biotechnologies in developing countries: Present and future*. Volume 1: *Regional and National Survey*. Paris, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 1993. Pp.15.

¹⁰⁹ Instituto Politécnico Nacional; Escuela Nacional de Ciencias Biológicas Copyright © 2009. Transferón®. [En línea] <http://www.factordetransferenciaipn.com.mx/composicion.htm> Consultado el 10 de Agosto del 2013

primeros vectores de clonación en la Universidad de California, San Francisco. Por su parte, Luis Herrera-Estrella del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) en Irapuato, trabajó con el grupo de Marc Von Montagu en Bélgica en el desarrollo de las primeras técnicas de transferencia de genes para las plantas¹¹⁰. Otro caso relevante son las aportaciones de los doctores Lourival Possani y Alejandro Alagón Cano, ambos del Instituto de Biotecnología de la UNAM, quienes han participado activamente en el desarrollo de anti venenos y de las vacunas anti-alacrán transferidas, producidas y vendidas en el mundo por Laboratorios Silanes SA de CV.

Sin embargo, comparando con lo que ha sucedido en otros países, en México son muy pocas las personas que se atreven a dar los pasos que hay entre la investigación y la innovación, puesto que en medio se presenta el valle de la muerte, en el cual se extinguen muchas de las nuevas empresas cuando se presentan problemas como el financiamiento y el uso de instalaciones e infraestructura requeridas por esta área científica.

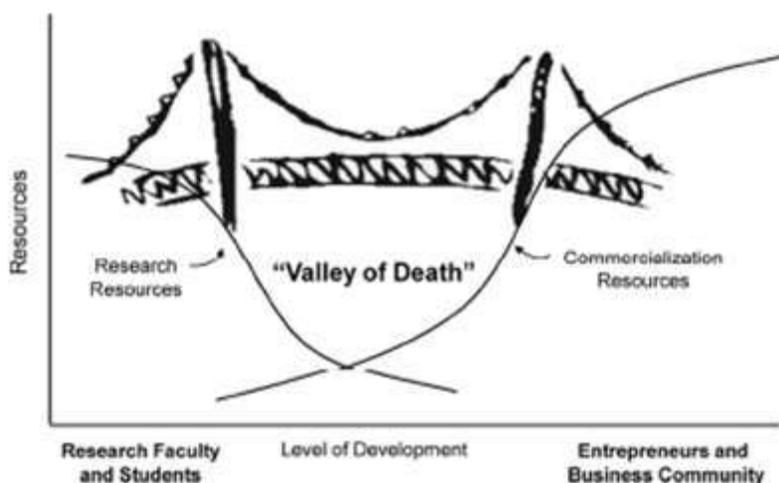


Figura 8. El valle de la muerte, espacio entre la investigación y la comercialización.

Tomado de Barr S.¹¹¹

¹¹⁰ Mercado Celis Alejandro; "Signos Vitales. Aprendizaje biotecnológico en América del Norte" en *Religión y Sociedad*. Vol. XVIII. N° 35; Año 2006. Pp. 23 [En línea] <http://lanic.utexas.edu/project/etext/35/1.pdf> Consultado el 12 de Agosto del 2013.

¹¹¹ Barr, SH., Baker T, Markham, Steven K. «Bridging the Valley of Death: Lessons Learned From 14 Years of Commercialization of Technology Education». *Academy of Management Learning & Education*. 2009. Vol.8-3 p.370–388.

Por tanto, las agencias gubernamentales y las universidades han centrado sus esfuerzos en el desarrollo de los recursos humanos en los centros científicos e instituciones dedicadas a la investigación biotecnológica, y han participado excepcionalmente en la creación de empresas o industrias dedicadas a la elaboración de productos biotecnológicos.

En el año 2002 Francisco Bolívar realizó un estudio que brinda una idea sobre las instituciones que hay en México relacionadas con el área, el doctor Bolívar apunta:

*“Son 98 las instituciones dedicadas a diversos aspectos de la investigación y el desarrollo de la biotecnología, y aproximadamente 750 profesores e investigadores están oficialmente registrados en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), y el 61% de las personas trabajan en el campo de la agricultura, el 30% en salud, 30% en alimentos y materias primas, el 19% en el área de medio ambiente y el control de la contaminación, el 13% en la cría de ganado, y 9% en biología marina”.*¹¹²

A modo de ejemplo, “el Instituto de Biotecnología de la UNAM cuenta con 38 grupos de investigación, integrados en su conjunto por 103 investigadores, 81 técnicos académicos, de los cuales 22 estaban asociados a unidades de apoyo técnico, conformadas principalmente por técnicos académicos, con un comité responsable, integrado por investigadores y alrededor de 370 estudiantes, siendo el 30% nivel de licenciatura; el Instituto es en la actualidad una comunidad madura, donde en cada una de las actividades sustantivas: investigación, docencia, vinculación y divulgación tienen una actividad importante con saldos positivos año con año. Así, en los últimos cuatro años (2005-2009), los académicos del Instituto publicaron 455 artículos en revistas especializadas de circulación internacional (1.12 artículos/investigador/año) con un índice de impacto promedio cercano a 4.

Entre 2005 y 2008 se graduaron 302 alumnos, 130 de diversos programas de licenciatura, y 172 (121 de maestría y 51 de doctorado) dentro del posgrado de Ciencias

¹¹²Bolívar, Francisco; *Biotecnología Moderna para el Desarrollo de México en el Siglo XXI, Retos y Oportunidades*. CONACYT y Fondo de Cultura Económica, México, 2002 Pp. 339.

Bioquímicas. El Instituto es sede de la licenciatura en Ciencias Genómicas. En cuanto a propiedad intelectual y desarrollo tecnológico, el Instituto *cuenta con 50 patentes concedidas y 69 solicitudes en proceso en México y en el extranjero, y en el último cuatrienio se solicitaron 43 de las cuales se concedieron 15 patentes y se concretaron 2 transferencias de tecnología.*¹¹³

La investigación biotecnológica está muy orientada hacia el desarrollo de publicaciones científicas; sin embargo, aún hay faltantes para lograr más y mejores innovaciones de productos biotecnológicos.

Al respecto Ruby Gonsen menciona:

“No hay presencia significativa de firmas dedicadas a la nueva biotecnología, predominantemente existen ligas entre industria, ciencia, y empresas pequeñas de investigación. En México no existen grandes empresas productoras o comercializadoras como en otros países. Las relaciones entre grandes firmas y universidades son pocas y efímeras; los intentos por establecerlas han fracasado. En el área donde se ha desarrollado industria es en la biotecnología tradicional (notablemente en bebidas y alimentos, por ejemplo las cervezas)”¹¹⁴.

Uno de los problemas que históricamente ha tenido México en esta área es que no hay apoyo financiero. El financiamiento que se brinda es reducido comparado con el promedio internacional y la mayoría se va en salarios o en proyectos que no trascienden, ha habido muy pocas transferencias de tecnología, y algunas empresas no tienen recursos para pagar la requerimientos clínicos o fitosanitarios requeridos para los nuevos productos, de manera que la innovación siempre ha quedado en un segundo plano mientras que el enfoque económico se ha centrado en la compra y manufactura de la ciencia-tecnología.

¹¹³ Arias F. Carlos. *Instituto de Biotecnología/UNAM Propuesta de Plan de Desarrollo (2009-2013)*. UNAM. Pp.4; [En línea] <http://www.juntadegobierno.unam.mx/pdf/biotecnologia/plan-trabajo-arias.pdf> Consultado el 17 de Agosto del 2013.

¹¹⁴ Gonsen, Ruby; “The case of Biotechnology”, en M. Cimoli (editor) *Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context*, New York y Londres, Continuum y Pinter Publishers, 2000 pp. 218-226.

En síntesis, los diferentes actores del Estado Mexicano, el gobierno, los empresarios y los ciudadanos, deberían ir más allá de la formación de recursos humanos, impulsando la generación de más empresas de biotecnología y orientándolas hacia la innovación abierta, para lanzar y difundir los productos de las mismas tanto en el mercado nacional como en el internacional.

3.3.3 Sectores industriales con alto contenido de conocimiento biotecnológico en México

El Dr. Lourival Possani, en su estudio sobre la investigación de biotecnología en México¹¹⁵, centró su análisis en las capacidades de producción científica de diferentes grupos de investigación en el país. Con base en su nivel de enfoque en biotecnología, su productividad científica, el nivel de reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores, el de sus profesores e investigadores y el tamaño de los cuerpos académicos, el Dr. Possani clasifica a los diferentes sectores de investigación de biotecnología respecto a su desarrollo en el país y su progreso en la región. La identificación de los sectores con mayor contenido de conocimiento biotecnológico, con inversión en investigación y desarrollo se pueden encontrar a partir de que hay varias innovaciones que han pasado el umbral del laboratorio y/o de la prueba piloto, que ya tienen un uso comercial de varios años o grandes gratificaciones económicas. Son ellas las que nos permiten evaluar de mejor forma el impacto de la biotecnología.

Las áreas en las que existe mayor desarrollo, dentro de la biotecnología Latinoamericana son:

¹¹⁵Lourival D. Possani. "The past, present, and future of biotechnology in Mexico" en *Nature Biotechnology*, Ed. Nature Publishing Group. Mayo 2003, Volume 21. Pp. 582-583.

- Agricultura
- Salud Humana y Salud Animal
- Procesos alimentarios
- Aplicaciones ambientales
- Biotecnología Industrial (enzimas, fermentaciones)

De lo anterior, se desprende la necesidad de clasificar en diferentes sectores, áreas estratégicas en las que México, por sus recursos y condiciones particulares, debe invertir y concentrar esfuerzos en esquemas sustentados en biotecnología moderna con base a las tendencias y horizontes en el ámbito internacional, en la capacidad y potencial de la investigación científica y del desarrollo tecnológico mexicano, en la identificación de necesidades y problemas reales, actuales y futuros de México, buscando un potencial de mercado para la biotecnología mexicana aprovechando los recursos naturales y coordinando las diferentes instituciones y esfuerzos nacionales.

Entonces, es claro que la biotecnología es clave para el desarrollo económico del país en sectores industriales basados en conocimientos de alto nivel, en áreas como: *Agro-alimentario, Salud, Ambiental y Agroindustrias*. Al respecto, Arriaga & Larque mencionan que:

“Muchos de los proyectos de investigación en biotecnología que se realizan en las diferentes instituciones mexicanas se reflejan en diferentes sectores. El 61% de las entidades identificadas llevan a cabo investigación con impacto potencial en el sector agrícola, 30% en sector de alimentos/materias primas, 9% en el marino/acuacultura, 19% en el medio ambiente/control de la contaminación y 30% en el sector salud/químico farmacéutico.”¹¹⁶

¹¹⁶ Arriaga Arellano Elena y Larqué Saavedra Alfonso; “Capítulo 3 Diagnóstico de la situación de la biotecnología en México” en *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades*. Francisco Bolívar Zapata (coordinador) Conacyt y Fondo de Cultura Económica México DF, 2002, pp. 45.

Esta información nos dice que son tres sectores los de mayor importancia para la biotecnología en México. En conjunto, las empresas de los sectores farmacéutico, alimentario y de agrobiotecnología son los que constituyen más del 70% del total de empresas relacionadas con esta área de la tecnología. En ellas se destaca el hecho de que tanto en los sectores farmacéuticos como en el alimentario, la mayor parte de las empresas productoras son grandes, por lo tanto la inversión en estos sectores es mayor que en los otros.

Actualmente los fondos sectoriales y estatales del CONACYT, así como los apoyos a la investigación y al desarrollo tecnológico de la misma institución, incorporan crecientemente demandas específicas asociadas al desarrollo o adaptación de biotecnologías ligadas a beneficios en salud, alimentos y a la protección y restauración del medioambiente.

En estos sectores, los conocimientos biotecnológicos están ligados a la sustentabilidad ambiental, puesto que se encuentran actualmente basados en el estudio y descripción, el análisis funcional, y la conservación de la biodiversidad. Instituciones como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, a través de la Comisión Nacional Forestal CONAFOR, o la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO aportando fondos concurrentes con CONACYT, han impulsado proyectos de investigación orientados a la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, así como otros orientados a la resolución de grandes problemas de contaminación de suelos, agua y aire¹¹⁷.

La biotecnología alimentaria desarrollada en muchas universidades y centros de investigación, es el área con mayor salidas a los mercados del país, generando el mayor

¹¹⁷ National Report Mexico, North American Forestry Commission – Food and Agriculture Organization; *Report to the Forest Genetic Resources Working Group*; XXXIV Reunion, Laurentian Forestry Centre, Quebec city, Quebec, Canada May 7-10, 2012. [En línea] http://www.fs.fed.us/global/nafc/genetics/2013/National%20Report_Mexico.pdf Consultado el 27 de Agosto del 2013

número de empleos; sin embargo, la mayor parte del capital humano se recluta por multinacionales extranjeras que operan, producen y comercializan en México, tales como Danone, Nestlé, Mead Johnson, Anderson Clayton y Procter & Gamble, entre otras. Otras empresas mexicanas en el ramo son Bimbo, Sabormex, Jumex, la Costeña, Lala y Sigma Alimentos. Éste es el sector que desarrolla diversos productos de fermentación láctica y probióticos para el consumo general, ejemplo de ello es el Yakult, Yoplait, productos de Nestlé y Danone.

3.3.4 Instituciones con alto contenido de conocimiento biotecnológico en México

El CINVESTAV en sus unidades de México D.F., Guanajuato y Querétaro, ha desarrollado biotecnología en esta área. La UNAM, a través de la Facultad de Química y algunas Facultades de Estudios Superiores, así como del Programa Universitario de Alimentos, ha desarrollado áreas de tecnología y biotecnología alimentaria de impacto nacional e internacional.

En este sector se ubican alrededor de 29 dependencias en el país las que trabajan en proyectos de investigación y desarrollo de tecnologías para la producción en la industria de alimentos o productos, tales como enzimas, colorantes, edulcorantes y polisacáridos; entre las principales instituciones identificadas en investigación de biotecnología y materias primas encontramos el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD), el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), la Facultad de Química de la UNAM y el Instituto de Biotecnología de la UNAM¹¹⁸.

Estas instituciones tienen un grado de impacto mayor al nivel estándar, puesto que cuentan en su mayoría con al menos cinco grupos de investigación o equipos interdisciplinarios los cuales hacen uso de técnicas y procesos modernos de la

¹¹⁸Arriaga Arellano Elena y Larqué Saavedra Alfonso; *op. cit.*, Pp. 56

biotecnología; además, cuentan con la infraestructura física indispensable para la realización de su trabajo; estos grupos de I&D serán los verdaderos impulsores de los proyectos de innovación, por lo que se les debe dar más apoyo y seguimiento, ya que pueden ser los grupos que se conviertan en los líderes de la aplicación de la ciencia y del desarrollo tecnológico en biotecnología.

Estas instituciones llevan a cabo colaboraciones con entidades nacionales y extranjeras; el impacto que tienen las ha llevado a desarrollar procesos para la industria mexicana y en algunos casos cuentan con productos en el mercado.

En el caso del área de biotecnología médica y farmacéutica, además de los grupos de investigación de la UNAM, la Universidad Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados CINEVESTAV, muchas unidades de investigación de universidades de estados de la República, desarrollan investigación de alto nivel en salud. Los grupos de investigación de los institutos del sector salud como los institutos de investigaciones biomédicas y de biotecnología de la UNAM, en conjunto con los del Centro Médico Nacional Siglo XXI¹¹⁹, los grandes centros hospitalarios y de salud pública del Instituto Mexicano del Seguro Social y del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado en su papel de instituciones públicas han desarrollado investigación en redes desde hace muchos años. Se han hecho importantes avances en las áreas de biotecnología de vacunas, sistemas de diagnóstico y detección de parásitos, bacterias infecciosas y enfermedades virales; estos han sido los resultados de la colaboración y la formación de equipos de I&D multidisciplinarios para desarrollo del conocimiento entre las universidades, los centros de investigación y las empresas.

El sector de fármacos cuenta con tres empresas que son totalmente mexicanas y que compiten a nivel internacional por la capacitación del capital humano que labora en ellas y por estar en la punta de la investigación del campo médico, ya que cuentan con un

¹¹⁹ *Ibíd.*, Pág. 58.

desarrollo tecnológico y de innovación, ellas son, las biofarmacéuticas PROBIOMED, los laboratorios SILANES y el instituto Bioclón¹²⁰.

Estas han sido industrias que han recibido transferencia de tecnología de grupos consolidados de investigación como el Instituto de Biotecnología de la UNAM, el CINVESTAV por parte del IPN que han participado en la innovación de productos clínicos que compiten con empresas de vanguardia de países como los Estados Unidos. En particular la participación que tienen los laboratorios SILANES y el instituto Bioclón es en la formulación de antivenenos o antídotos utilizados en terapia y mordeduras venenosas.

En el sector farmacéutico también se destaca la producción de antibióticos tales como la penicilina, el ácido clavulánico y otros de importancia en veterinaria y de clínica humana

El tamaño del mercado mexicano en productos biotecnológicos y biológicos para el sector salud es aproximadamente del orden de 1,000 millones de dólares y es abastecido en su mayor parte con medicamentos importados, la exportación en este sector no es punto clave de desarrollo en el país. Se estima que este mercado alcanzará los 3000 millones de dólares en los próximos diez años por el incremento de población y por el envejecimiento de las generaciones actuales.

Otras aplicaciones comunes de la biotecnología en sectores mexicanos son las que impactan a la producción agrícola, no se basan en la generación de plantas mejoradas o de sistemas para su propagación acelerada, sino en la producción de microorganismos que se usan como inoculantes que son concentrados de bacterias específicas que en estados líquidos o sólidos se aplican a las semillas antes del sembrado para incrementar el desarrollo del cultivo¹²¹, mejoran la fertilidad de los suelos, generan protección contra

¹²⁰ Chan Jennifer; "Innovating Medical Biotechnology: PROBIOMED, a first-rate Mexican company with a global reach, is one of Mexico's key biotechnology players" en *Negocios ProMexico*; Febrero, 2010, Pp.25-31 [En línea] <http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/983/1/images/Febrero2010.pdf> Consultado el 28 de Agosto del 2013.

¹²¹ Inoculantes Labza; *¿Qué es un inoculante?*; México. [En línea] <http://www.labza.com.ar/descargas/inoculantes.pdf> Consultado el 30 de Agosto del 2013.

plagas y enfermedades, o promueven el crecimiento y la fructificación de la producción orgánica.

En México existen aproximadamente 60 dependencias en diferentes instituciones que se enfocan en la agrobiotecnología, angustiosamente 39 de ellas sólo desarrollan algunos proyectos de investigación en este campo y sólo cinco actualmente son las que llevan el cargo de investigaciones con impacto en este sector, ellas son, el CINVESTAV Irapuato, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo CIMMYT ubicado en Texcoco, el Instituto de Biotecnología de la UNAM, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias INIFAP el cual está incorporado en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA y el Centro de Investigación Científica en Yucatán CICY dependencia incorporada al CONACYT¹²².

Estas cinco instituciones y centros se diferencian de los demás por realizar investigaciones que generan conocimiento de frontera, se dedican al desarrollo de tecnología biológica y cuentan con varios grupos de investigación relacionados con la biotecnología.

Ejemplos de empresas en el sector agro-biotecnológico con proyectos de investigación en este campo son, Agrobionsa¹²³ ubicada en Sinaloa que se enfoca en la producción de bacterias para abolir la producción de insectos en plantas como el maíz y el algodón, además de cultivar distintos hongos, es una empresa líder en innovación tecnológica que tiene constante vinculación con el sector académico; AgroBio México¹²⁴, una asociación civil, sin fines de lucro, que agrupa fundamentalmente a las empresas multinacionales de la biotecnología vegetal y agrícola con presencia en México ya que la mayoría no son empresas mexicanas, busca la promoción del sector, influye positivamente

¹²² Arriaga Arellano Elena y Larqué Saavedra Alfonso; *op. cit.*, Pp. 53.

¹²³ Organización de los Estados Americanos (OEA), Consejo Interamericano para el desarrollo integral (CIDI); Biotecnología: una realidad para el desarrollo sostenible de las Américas, documento preparado por el Centro de Investigación alimenticia y Desarrollo A.C; 19 de Septiembre del 2007. Washington D.C; Pp. 2

¹²⁴ Agrobio México, Aplicaciones y beneficios de la biotecnología agrícola en México y en el mundo; Objetivos y Actividades [En línea] http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1&Itemid=9 Consultado el 09 de Septiembre del 2013

en la percepción pública sobre los organismos transgénicos y en particular sobre plantas mejoradas genéticamente orientadas a alimentación, entre otras. Estas industrias tienen principal innovación en el control y protección del sembrado agrícola, de igual manera le dan seguimiento y un manejo a la post cosecha de los productos.

Con base a lo anterior, los esfuerzos en I&D y empresariales en biotecnología están distribuidos en diferentes zonas del país y no se dan esfuerzos empresariales de conjunto. Por esa razón consideramos que *es necesario que en el país se dé una gradual integración de redes de investigación temáticas y /o regionales*, dentro de grandes instituciones educativas y en esquemas de colaboración por objetivos de desarrollo tecnológico. Este sistema de integración y apoyo de conocimiento debe *centrar sus esfuerzos en la creación de clústeres industriales*, no sólo académicos e intelectuales, ya que puede determinar que pequeños centros de investigación, departamentos y unidades de bajo presupuesto, en asociación con grupos cercanos geográficamente o complementarios por objetivos industriales, pueden desarrollar procesos prácticos con un impacto muy superior al que podrían aspirar si operaran aisladamente.

La biotecnología en México se acerca cada vez más a una fase en la cual tanto en la investigación fundamental, como en el desarrollo tecnológico, operará como nodo de confluencia de las ciencias biológicas y de las biociencias, con el objetivo de catalizar aplicaciones derivadas de conocimiento multidisciplinario. México, actualmente cuenta con plataformas que pueden llegar a ser explotadas, pequeñas e insuficientes, pero valiosas para el desarrollo económico basado en biotecnología. Todos los actores del estado y particularmente el gobierno, debemos tomar muy en serio el desarrollo biotecnológico y favorecerlo buscando ventajas como lo son sus acuerdos bilaterales y multilaterales en materia de comercio, su ubicación, su diversidad biológica y su infraestructura académica y empresarial.

3.3.5 Marco legal y lineamientos del fomento a la investigación

Es importante saber cuál es el marco legal que tienen los diferentes sectores con el objetivo de fomentar la innovación y la investigación científica ya que ellos son los elementos regulatorios en nuestro país. El marco jurídico tiene una amplia gama de leyes y reglamentos para el desarrollo de la biotecnología y es importante tenerlos claros para comprender el apoyo legal que se brinda por parte de los diversos sectores y la regulación de la biotecnología en México.

Algunos de estos lineamientos jurídicos datan desde la década de los 90's con el inicio biotecnológico en el país, conforme se han ido desarrollando nuevas áreas de conocimiento han sido modificados y otros más se han generado en el transcurso de este siglo. Una síntesis de las leyes que se relacionan con la biotecnología se presenta a continuación.

La ley de protección Industrial¹²⁵, en México fue establecida para proteger mediante patentes y/o modelos de utilidad a la mayor parte de los prototipos y los productos o procesos biotecnológicos. En la práctica el IMPI aplica criterios similares a los utilizados en la Oficina Europea de Patentes. En el año 1994 se promulgó la última versión y actualización de las leyes de la propiedad industrial.

La aplicación de la ley en nuestro país sufre de varias contradicciones siendo compleja y defectuosa, lo que ha orillado a muchas empresas e industrias a la generación de secretos industriales más que a la producción de patentes.

Otro marco jurídico muy importante es la ley de Ciencia y Tecnología¹²⁶, fue publicada el 5 de junio de 2002 en el Diario Oficial de la Federación y es una ley reglamentaria de la fracción V del artículo 3º de la Constitución Mexicana; Para efectos de esta ley, se integró un Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología el cual está formado por las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que realizan actividades

¹²⁵ Arriaga Arellano Elena, BoshGuha Pedro et all.; "Capítulo 4 Marco Legal e Institucional" en *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades*. Francisco Bolívar Zapata (coordinador) Conacyt y Fondo de Cultura Económica México DF, 2002. Pp. 84.

¹²⁶ Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; *Ley de Ciencia y Tecnología* en Diario Oficial de la Federación 5 de Junio del 2002. Pp. 43 [En línea] http://www.sicyt.gob.mx/sicyt/docs/acerca_siicyt/ley.pdf Consultado el 02 de Septiembre del 2013.

de investigación científica y tecnológica o de apoyo a las mismas; por algunas instituciones de los sectores social y privado; por los gobiernos estatales; por la Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación y por las instituciones de educación superior, conforme a sus respectivas disposiciones. El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es el órgano facultado para interpretar esta ley para efectos administrativos.

Gracias a esta ley se dio la creación y reconocimiento de instituciones a favor de la innovación como el Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica (SIICYT), y el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) que tienen como objetivo la recopilación de información y así como la documentación de los avances en el sector biotecnológico entre otros; estas instituciones están bajo el cargo del CONACYT.

El fomento a la investigación reside en lo general en la Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica¹²⁷ (LFICT) la cual regula los apoyos que el gobierno federal está obligado a otorgar con el objetivo principal de impulsar, fortalecer y desarrollar la investigación científica y tecnológica en el país. Esta ley también establece los principios conforme a los cuales se apoyarán las actividades de investigación que realicen personas o instituciones en el sector público o privado del país.

Los temas que cubre esta ley son la toma de decisiones, la determinación de políticas generales y presupuestales en materia de ciencia y tecnología y las orientaciones de asignación de recursos a proyectos específicos en esta ley se establecen. También cubre la posibilidad de concurrencia de aportaciones de recursos públicos y privados, nacionales e internacionales para la generación, ejecución y difusión de proyectos de investigación.

Otro lineamiento en materia biotecnológica es la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos¹²⁸ fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de febrero de

¹²⁷ Arriaga Arellano Elena, BoshGuha Pedro et all. *op. cit.*, Pp. 78.

¹²⁸ Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; *Ley de Promoción y de desarrollo de los Bioenergéticos* en Diario Oficial de la Federación 1 de Febrero del 2008. Pp.12 [En línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf> Consultado el 02 de Septiembre del 2013.

2008 y es una ley que busca diversificar las fuentes de energía y el desarrollo sustentable a fin de continuar con el apoyo al campo. Un aspecto importante de esta ley es que también busca promover la producción de insumos para bioenergéticos, que pueden ser derivados de las actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano.

A partir de esta ley, recientemente se creó la Comisión de Bioenergéticos, integrada por los titulares de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación SAGARPA, Secretaría de Energía SENER, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, Secretaría de Economía SE y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público SHCP. La Comisión fomenta el ámbito de competencia en la inversión de capital a actividades relacionadas con la generación y desarrollo de biocombustibles y por supuesto, a la búsqueda de nuevas alternativas energéticas derivadas de desarrollo científico y tecnológico. En general se expresa por medio de esta ley que las investigaciones biotecnológicas enfocadas al desarrollo de bioenergéticos, a la conservación del medio ambiente y a la reducción de contaminantes, *deberán ser fuertemente impulsadas* a fin de cumplir con los objetivos y propósitos para los que fue elaborada.

En materia de Medio Ambiente, se encuentra la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente¹²⁹ data de 1988 pero se modificó de manera trascendental en 1996. Tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado. Faculta a la SEMARNAT para que con la participación de la SEP promueva que las instituciones de educación superior y los organismos dedicados a la investigación científica y tecnológica desarrollen planes y programas para la formación de especialistas en todo el territorio nacional enfocados en la investigación de los fenómenos ambientales, genéticos, de nutrición y sanidad.

En ese contexto la biotecnología constituye una herramienta tecnológica importante para el aprovechamiento sustentable de recursos, la preservación y restauración del suelo, el

¹²⁹Arriaga Arellano Elena, BoshGuha Pedro et all. *op. cit.*, Pp. 80

agua y los demás recursos naturales, obteniendo beneficios económicos y a la vez siendo cuidadoso con los ecosistemas.

Entre los lineamientos con enfoque a las investigaciones biotecnológicas más innovadoras encontramos la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados¹³⁰ por sus iniciales OGM's aprobada en febrero de 2005, tiene como objetivo garantizarla protección de la salud humana, del medio ambiente y la diversidad biológica y de la sanidad animal, vegetal y acuícola por actividades con estos avances tecnológicos.

Los adelantos biotecnológicos de las últimas dos décadas, en particular los realizados por la ingeniería genética y la biología molecular, permiten crear nuevas combinaciones de material genético de los organismos vivos que dan como resultado nuevas especies de plantas, microorganismos y animales. En relación con este tema México es foco de diversidades biológicas en cultivos agrícolas como el maíz, frijol, chile, aguacate, tomate entre otros, lo que implica una gran responsabilidad que va encaminada a mejorar los cultivos para garantizar el adecuado suministro tanto de los consumidores nacionales como de las exportaciones, procurando al mismo tiempo salvaguardar las especies y los parientes silvestres para que en un futuro no se vean escasos o agotados.

La ley se crea a consecuencia de estas preocupaciones y se funda la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), que genera las bases de los procedimientos para la evaluación, monitoreo, permisos, avisos y autorizaciones caso por caso, de posibles riesgos del uso de OGM's.

Por último pero no menos importante encontramos la Ley General de Salud¹³¹ la cual reglamenta el derecho a la protección de la salud que tiene toda persona de acuerdo a la Constitución. En los términos del artículo 3º de la ley, son materia de salubridad general que pueden tener vinculación con los productos biotecnológicos y la bioseguridad: la

¹³⁰ Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados* en Diario Oficial de la Federación 18 de Marzo del 2005. Pp.44 [En línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf> Consultado el 02 de Septiembre del 2013.

¹³¹ Arriaga Arellano Elena, BoshGuha Pedro et all. *op. cit.*, Pp. 89

coordinación de la investigación para la salud y el control de ésta en los seres humanos, la orientación y vigilancia en materia de nutrición, la prevención y el control de los efectos nocivos de los factores ambientales en la salud del hombre, el control sanitario de productos y servicios así como de su importación y exportación, el control sanitario del proceso, uso y mantenimiento.

En términos generales se regula la producción, calidad y actividad de fármacos y medicamentos de uso humano y animal. Garantizando también un marco regulatorio de actividades de experimentación con animales y humanos, así como de la clonación de células madre. Garantiza también la bioseguridad en instalaciones de salud y en hospitales.

En México hasta ahora *no existe una instancia gubernamental que coordine integralmente la política de fomento a la biotecnología*; la regulación de productos biotecnológicos se ha incorporado en los diversos ámbitos de interés tales como: la salud humana, sanidad vegetal, animal, medio ambiente, pero de una manera poco sistemática. México requiere aprovechar y fortalecer su capacidad e infraestructura de investigación científica y desarrollo tecnológico en materia de biotecnología, a partir de nuevos marcos legales en fomento a la ciencia.

3.3.6 Resumen de instituciones promotoras de la investigación científica y desarrollo biotecnológico (I&DBt) en México

Las instituciones promotoras fundamentales en la investigación biotecnológica en México están constituidos por *sociedades y asociaciones de profesionistas certificados en una actividad profesional sectorizada*; su organización se basa en sociedades científicas, que agrupan a científicos y tecnólogos del área y que típicamente constituyen la plataforma de conocimiento y la fortaleza educativa en un país, en otras palabras son el capital humano del desarrollo biotecnológico.

El promotor por excelencia en el área es el CONACyT, institución asesora del gobierno federal en materia de ciencia, tecnología e innovación; contribuye conjuntamente con otras dependencias y entidades de la administración pública federal, gobiernos estatales, instituciones de educación superior e institutos de investigación públicos y privados, y muy relativamente con el sector empresarial.

Cuadro 13.¹³²

Instituciones y dependencias que realizan proyectos de investigación y desarrollo en biotecnología

Institución	Núm. De Dependencias	Dependencias	Núm. De Investigadores ¹
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	4	CP, INIFAP, UAAN y UA Chapingo	82
Secretaría de Educación Pública	7	Institutos tecnológicos agropecuarios	19
	5	Institutos tecnológicos	
	1	Instituto Tecnológico Forestal	
	2	Centros de Investigación (Cinvestav)	94
Secretaría de Educación Pública (Conacyt)	8	Unidades (6 centros, 1 colegio y 1 instituto)	60
Secretaría de Salud	7	Institutos Nacionales	44
Instituto Mexicano del Seguro Social	2	Centros de Investigaciones Biomédicas (occidente y sur)	34
	2	Centros Médicos Nacionales (La Raza y Siglo XXI)	
Secretaría de Energía	1	Instituto Mexicano del Petróleo	7
	1	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales	1	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA	1
Secretaría de Defensa Nacional	1	Universidad del Ejército y Fuerza Aérea	2
Universidad Autónoma Metropolitana	2	Planteles Iztapalapa y Xochimilco	24
Universidad Autónoma de Nuevo León ²	3	Facultades	11
Universidad de Guadalajara ²	3	Centros universitarios	20
Universidad Autónoma de México ²	2	Centros de investigación	227
	1	Escuela	
	6	Facultades	
	6	Institutos de investigación	
Otras universidades	21	Universidades autónomas y estatales	76
Instituto Politécnico Nacional	4	Centros	25
	1	Escuela nacional	
	1	Unidad profesional	
Centro Internacional	1	Centro internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)	0
Centro público/Instituto Tecnológico Autónomo	2	Centro de Ciencias de Sinaloa e Instituto Tecnológico de Sonora	0
Instituciones privadas	3	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Fundación Universidad de las Américas Puebla y Fundación Clínica Médica Sur	10
Total	98		736

1. Investigadores miembros del Sistema Nacional de Investigadores seleccionados por disciplina, subdisciplina o especialidad en biotecnología, alimentos, ingeniería química, bioquímica, de enzimas, molecular y/o microbiología.

2. En estas instituciones se identificaron esfuerzos de investigación de varios grupos en cada una de las dependencias mencionadas, las cuales por tener características diferentes fueron separadas.

En el *Cuadro 13* se puede observar el número específico de actores principales en el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país; así podremos comprender la biodiversidad nacional en apoyo a la tecnología, así como el manejo y explotación de ésta.

Cuadro 14.¹³³

Instituciones y sus dependencias con mayor participación en investigación y desarrollo tecnológico en biotecnología en México

Institución	Dependencia	Agrícola	Pecuario	A/MP	MA/CC	S/QF	Marino	Núm. De Investigadores ¹
Sagarpa	Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP)	3	1	1				38
SEP	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad D. F.	2	1	1	3	3		62
	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Irapuato	3						32
SEP-Conacyt	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño en el Estado de Jalisco, A. C.	2		3				6
	Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD)	2		3			2	20
	Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY)	3						11
	Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. (Cibnor)	1		1	1		3	13
SSA	Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán			2		2		19
IMSS	Centro Médico Nacional Siglo XXI					3		10
UNAM	Facultad de Química (FQ/UNAM)	2		3	1			29
	Instituto de Biotecnología (IBT/UNAM)	3	2	3	1	3		67
	Instituto de Investigaciones Biomédicas (IIB/UNAM)		2	1		3		23
UAM	Plantel Iztapalapa (UAM-I)	2		2	3			23
IPN	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, del IPN (ENCB)	2		2	2		1	48
Centro Internacional	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)	3						0

A/MP: Alimentos/materias primas

MA/CC: Medio Ambiente/Control de la Contaminación

S/QF: Salud/químico-farmacéutico

1. Investigadores miembros del Sistema Nacional de Investigadores seleccionados por disciplina, subdisciplina o especialidad en biotecnología, alimentos, ingeniería química, bioquímica, enzimas, molecular y/o microbiología

¹³³ *Ibíd.*, Pág. 51.

En la mayor parte de las instituciones y dependencias mostradas existe la biotecnología como elemento actual de su estrategia de producción o de comercialización y en la gran mayoría se ubica como uno de los principales elementos, si no el principal, en la estrategia de crecimiento o evolución.

De las instituciones que se muestran en el *Cuadro 14*, las que más se han vinculado con empresas mexicanas son los Institutos de Biotecnología y de Investigaciones Biomédicas, así como las facultades de Química y de Medicina de la UNAM; los esfuerzos de estas dependencias fructificaron gracias al éxito de las empresas en el mercado nacional.

Es notable la existencia de pocas empresas mexicanas biotecnológicas en todos los sectores es una consecuencia de la falta de capacidad de investigación y de desarrollo tecnológico propios. Lo anterior, además, es resultado de una falta de cultura y de compromiso político en el desarrollo de la biotecnología.

3.4. Planes y programas de biotecnología e innovación vigentes en México

Desde el inicio de este siglo, con las investigaciones nacientes en biotecnología, se ha considerado la creación de un Programa Nacional de Biotecnología pero con un enfoque muy orientado a la consolidación de la infraestructura académica y de investigación científica, relacionada con la biotecnología, sin darle un peso específico importante a la innovación y desarrollo de tecnologías enfocadas a la creación de negocios biotecnológicos y desarrollo de industria.

El Programa Nacional de Biotecnología¹³⁴ *tendría el deber de orientar y unir a los tres grandes actores del desarrollo de dicha tecnología* en el país, para que de manera concertada, equilibrada e informada inciten el desarrollo de la bioindustria en México y se

¹³⁴ Bolívar Francisco (Coordinador del libro) et al; Capítulo 12 Conclusiones y Recomendaciones Generales en *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades*. CONACYT y Fondo de Cultura Económica México DF, 2002. Pp. 300.

genere desarrollo económico intenso y competitivo, *ya que actualmente este sector está localizado principalmente en el área académica*. Esos tres grandes actores son: los innovadores en biotecnología (universidades, centros de investigación, institutos); el sector productivo basado en biotecnología (industria/empresas); y el sector Gobierno, en especial el federal.

La premisa principal del programa es la industria vista como motor de desarrollo económico y social del país; los objetivos principales descritos por el programa son:

- Definir las áreas y acciones estratégicas en las que se deberían concertar esfuerzos e invertir recursos atendiendo a las demandas, retos y características de la biotecnología moderna a nivel nacional e internacional
- Actuar conjuntamente los sectores correspondientes (gobierno-industria-academia) con su cartera de proyectos específicos correspondientes
- Asesorar a las Secretarías de Estado y al CONACYT con el objetivo de canalizar recursos para el fomento y desarrollo de actividades científicas y tecnológicas de los diferentes sectores
- Formación de capital humano especializado para consolidar las áreas existentes y la industria
- Inversión estratégica en infraestructura con base a las tendencias internacionales y las necesidades locales
- Medios de divulgación, programas, foros para comunicar a la sociedad y a los cuerpos legislativos, los beneficios y los riesgos que tiene la biotecnología
- Revisar el marco jurídico existente y proponer adecuaciones a la legislación que propicien y fomenten una mayor participación del sector industrial en proyectos concertados con el gobierno y la academia
- Competitividad y colaboración internacional

La propuesta de funcionamiento de este programa es por medio de un Consejo Directivo intersectorial, presidido por el director general del CONACYT e integrado por académicos, industriales y funcionarios del gobierno.

Al día de hoy, este programa *no se ha formado* por la falta de presupuesto y la participación de los fondos concurrentes de dependencias gubernamentales o de la industria; hasta la fecha no existe ningún programa que induzca, potencie, o facilite que grandes capitales de riesgo, se orienten hacia el desarrollo de negocios basados en biotecnología

En el sexenio de Felipe Calderón se formuló el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012¹³⁵ en el cual se consideró para el tema de ciencia, tecnología e innovación, de manera directa, cinco líneas de política que orientan las acciones del gobierno en la materia. De éstas se derivan estrategias a seguir, las cuales se presentan en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación PECiTI 2008-2012, en él se describe la política de mediano plazo a llevar a cabo por el Ejecutivo Federal en estos rubros; en síntesis estas cinco líneas se puntualizan de la siguiente manera:

- Establecer políticas de Estado a corto, mediano y largo plazos que permitan fortalecer la cadena educación, ciencia básica y aplicada, tecnología e innovación.
- Descentralizar las actividades científicas, tecnológicas y de innovación.
- Fomentar un mayor financiamiento de la ciencia básica y aplicada, la tecnología y la innovación.
- Aumentar la inversión en infraestructura científica, tecnológica y de innovación
- Evaluar la aplicación de los recursos públicos que se invertirán en las tareas de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación

Para finales del sexenio anterior, el financiamiento en tecnología e innovación se mantuvo en los rangos similares de los años anteriores, no varió y hasta la fecha se encuentra por debajo del promedio de los niveles latinoamericanos; los escasos puntos que se instauraron en el Plan Nacional de Desarrollo anterior, no fueron alcanzados

¹³⁵ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; “1.2 Inversión Federal en Ciencia y Tecnología” en *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2011*. México. Diciembre 2011. Pp.19

exitosamente puesto que la ciencia y tecnología en el país no han sido prioridad en la agenda nacional.

Actualmente nos encontramos inmersos en un nuevo sexenio a cargo del presidente Peña Nieto; el Plan de Desarrollo que está diseñado para esta administración (2013-2018) habla sobre estrategias para generar empleos mejor remunerados, el diseño de agendas para la competitividad de sectores económicos de alto valor agregado y contenido tecnológico, así como de sectores precursores en los que se mencionan ejemplos como la nanotecnología, la biotecnología y la mecatrónica; sin embargo, en el periodo presidencial anterior se mencionaron similares puntos de impulso estratégico al área de ciencia, tecnología e innovación, y ésta fue poco apoyada, en específico el sector biotecnológico no tuvo impulso notorio.

Los cambios de administración trajeron modificaciones en la política nacional y con ello novedades en el área científica/tecnológica, por ejemplo el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal (ICyTDF) paso a ser absorbido por la nueva Secretaría de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, la cual aún no está bien establecida; la Secretaría está encargada de las convocatorias, premios, proyectos y agenda del sector tecnológico en el Distrito Federal, actuando de manera interinstitucional con instituciones federales y nacionales como el CONACYT siendo una organización consejera del Ejecutivo Nacional en el área.

La Secretaría tiene dentro de sus principales objetivos el fomento de programas y visiones sustantivos a las áreas de sustentabilidad, industria, educación, recursos humanos y proyectos tecnológicos, ejemplo de ello es el programa “los jóvenes, su ciudad y su aproximación a la ciencia y la tecnología”¹³⁶.

¹³⁶Secretaría de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal; *los jóvenes, su ciudad y su aproximación a la ciencia y la tecnología* en Programas Transversales, [En línea] <http://www.icyt.df.gob.mx/programas-transversales/jovenes-ciencia-tecnologia> Consultado el 12 de Septiembre del 2013.

3.5. La biotecnología como sector estratégico científico-tecnológico

En el primer apartado de este capítulo vimos cómo es que en la sociedad del conocimiento, las industrias de bienes de capital y el capital humano asociadas a la biotecnología han impactado las actividades productivas *de distintos países en el mundo*, los cuales se han preparado de muy diversas formas a través del establecimiento y desarrollo de planes científicos y tecnológicos, de lineamientos y de acciones específicas para impulsar el desarrollo de este sector. Finalmente los diferentes temas relativos a la economía, la ciencia, tecnología e innovación y la situación que guarda la industria biotecnológica nos arrojan datos para afirmar que hoy por hoy es un sector estratégico mundial.

Para el caso de los países latinoamericanos, Fernando Quezada desarrolló un estudio que se ha convertido en toda una referencia para los estudiosos del tema: *Commercial biotechnology in Latin America: Current opportunities and challenges*, de Octubre de 2005¹³⁷. En él ilustra cómo ha sido el impacto de la biotecnología en diferentes países de América latina los cuales, por supuesto, tienen diferencias en cuanto a sus niveles de expansión poblacional, de su creciente esperanza de vida, y en algunos casos han reportado crecimiento económico sostenido por varias décadas.

En su investigación, el autor señala que Latinoamérica es un mercado creciente para productos derivados de biotecnología, siendo además, un centro innovador en el sector. Quezada señala que en las 14 naciones de la América Latina, existen 430 firmas relacionadas con la biotecnología. Seis países, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba y México, constituyen los países que mayor actividad desarrollan en el sector; el caso de Brasil es sobresaliente, ya que éste país cuenta con más de 75 compañías e industrias de biotecnología activas y ampliamente reconocidas en el sector.

¹³⁷ Quezada Fernando; "Commercial biotechnology in Latin America: Current opportunities and challenges"; Biotechnology Center of Excellence Corporation, Palgrave Macmillan LTD 1478-565X/06 *Journal of Commercial Biotechnology*. Vol 12. NO 3. April 2006, Pp. 192–199. Date received: 11th October 2005

Según vimos en la sección 3.3, en el caso de México *existen 98 instituciones, universidades, centros e institutos de I&D dedicadas a diversos aspectos de la investigación y el desarrollo de la biotecnología*, también encontramos que hay muy poca información sobre las industrias biotecnológicas que tiene el país, esto es muy notorio ya que no es congruente con el comportamiento del crecimiento de la población; en otras palabras, debería haber registro de más empresas reconocidas de este sector estratégico en el país.

Veamos, de acuerdo con el Censo General de Población y Vivienda 2000, la población del país superó los 97 millones de habitantes¹³⁸; hacia finales del 2010 México tenía más de 112 millones, 322mil habitantes, colocándose como el 11° país más poblado del mundo seguramente el primero entre las naciones de habla hispana¹³⁹, de mantenerse esa tendencia demográfica y de acuerdo con lo previsto al crecimiento de la economía en los próximos años, se espera que para el 2020 la población mexicana ascienda a cerca de 120 millones.

Esto, significa que siendo México un país en vías de desarrollo, en un futuro cercano se presentarán muchos problemas sociales, industriales y económicos los cuales habrá que resolver de alguna forma. Así, poco a poco veremos el incremento de las enfermedades degenerativas y crónicas, el aumento del desempleo, de la pobreza extrema y del hambre. Además, debido al aumento de la contaminación ambiental en el suelo, el agua y el aire, poco a poco el planeta se verá más afectado.

Por otra parte, si no se impide que la deforestación continúe, seguramente se destruirá la biodiversidad afectando la producción y distribución de alimentos en un círculo vicioso sin salida. *La propuesta de este trabajo es que la biotecnología, como sector*

¹³⁸ Los Pinos; 7 de Noviembre del 2000; *Los años 90 no fueron una década perdida* Comunicado No. 2506 [En Línea] <http://zedillo.presidencia.gob.mx/pages/vocero/boletines/com2506.html> Consultado el 05 de Julio del 2013

¹³⁹ Instituto Nacional de Estadística y Geografía México Comunicado NÚM. 389/1025 de Noviembre del 2010 Aguascalientes, AGS. [En línea] <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/rpcpyv10.asp> Consultado el 08 de Julio del 2013

estratégico puede ser el bastión científico, tecnológico e industrial a través del cual nuestro país puede hacer frente a los problemas crecientes mencionados.

Al respecto, Quezada menciona que en nuestro país las acciones principales relativas a la biotecnología han sido la formación de recursos humanos, y el desarrollo de leyes y reglamentos, lo cual coincide con lo reportado en nuestra investigación. Cada vez son más los graduados con un título de universidad que tienen relación con la biotecnología. Entre las leyes mexicanas también está la Ley Federal del Derecho de Autor (*Copyright Law*), regulada por el Instituto Nacional de Derechos de Autor (INDAUTOR) de la Secretaría de Educación Pública.

México tiene un importante potencial en el desarrollo de la biotecnología orientada al campo de la salud humana. Quezada menciona que, un grupo de estudio de Merck & Co, Life Sciences, ha desarrollado esquemas de planeación para el desarrollo de las empresas de dicho sector, a través de la formación de clústeres de empresas innovadoras. Estos planes *no han podido llevarse a cabo* debido a las debilidades estructurales del país, por lo que este campo aún se muestra inmaduro hoy en día.

Por otra parte, no debemos olvidar que México es la quinta región más rica en biodiversidad del planeta, y que la misma es vista como una riqueza estratégica igual de importante que los recursos no renovables, como el petróleo. Esta es un área que reviste un gran potencial para el desarrollo de la biotecnología, debido a que es una de las grandes fortalezas que tiene nuestro país.

Mediante el desarrollo de industrias biotecnológicas en este sector, se podrían obtener beneficios importantes a partir de los procesos o productos desarrollados, los cuales podrían contribuir para lograr una mayor autosuficiencia en cuanto a la elaboración de productos básicos tales como alimentos, medicamentos y tratamientos médicos. Todo esto podría dar un gran impulso para nuestra economía ya que permitiría el desarrollo del mercado interno eliminando gran dependencia a las importaciones.

De manera que incluir este tipo de industrias en los planes y políticas de desarrollo económico puede ser una estrategia muy oportuna, ya que nos puede meter en la competencia global con ventajas para nuestro país.

Para lograr esta meta el punto de partida debe ser tener una sociedad bien informada para atraer el interés y despertar la conciencia de los tomadores de decisiones y de los grandes capitales y funcionarios responsables de las Secretarías de Estado a fin de conjuntar esfuerzos para lograr la instrumentación de algunas empresas biotecnológicas estratégicas que en el mediano plazo apuntalen el desarrollo económico del país.

Conclusiones

A lo largo de su historia, el sueño la humanidad ha sido encontrar tecnologías más eficientes para controlar y dominar la naturaleza con fines utilitarios a partir de los cuales pudiese satisfacer sus necesidades; posteriormente estas innovaciones se convertirían en caprichos y el deseo utilitario pasó a ser comercial.

Hoy en día nos encontramos inmersos en grandes innovaciones tecnológicas que han cambiado al mundo de manera extraordinariamente mayor a lo sucedido en las revoluciones industriales pasadas. La era de la información y de las comunicaciones está en marcha y junto con ella se desarrollan diversos campos científico-tecnológicos que promoverán beneficios portentosos en la economía, tal es el caso de la biotecnología.

En años venideros aparecerán una multitud de nuevas técnicas, algunas que ni en sueños habíamos visto; cada avance de la biotecnología beneficia en alguna circunstancia en alguna parte a la sociedad; hay que insistir que no se nos presenta como una amenaza sino como una promesa de mejoras potenciales en la calidad de vida, no como un castigo, sino como una oportunidad que puede mejorar a la sociedad, siempre y cuando haya instancias que lo vigilen y ética en el uso de éstas.

En resumen, a lo largo de esta investigación se presentó información que nos conduce a un nuevo paradigma tecnológico que está revolucionando y desarrollando diversos intereses mundiales a una velocidad impresionante; la biotecnología es un importante sector industrial-académico que arroja innovaciones a partir de diversas técnicas que abarcan todas las áreas de interés humano; ella muestra ser un sector estratégico para el desarrollo económico actual de los países desarrollados y vía de sustentabilidad ambiental; así como creadora de una nueva generación de productos y servicios que aterrizan y se difundirán en los nuevos mercados.

En los próximos años habrá nuevas posibilidades de cura para enfermedades congénitas, la actividad médica podrá trasladarse cada vez más desde la terapia a la prevención, lo cual significará, por una parte, evitar enfermedades y por la otra, mejorar el desarrollo de medicamentos y minimizar los efectos secundarios. Existirán nuevas

posibilidades para luchar contra el hambre, no obstante, la biotecnología verde no solucionará los futuros problemas de alimentación pero sí puede ser un aporte imprescindible para salvaguardar las posibilidades de vida de las generaciones futuras.

La opinión pública se divide cuando se toca el tema de los alimentos transgénicos y la tecnología biológica, lo cual es válido en cuanto a saber los “pros” y “contras” del uso de tal conjunto de técnicas; a pesar de las consecuencias, hay que recordar que el conocimiento siempre está en movimiento, tiene constantes modificaciones y debemos saber afrontarlas y adaptarnos al cambio, ya que así ha sido a lo largo de la historia de la humanidad. Es así que cuando se habla a favor, ellos representan un nuevo aporte para eliminar deficiencias alimentarias, así como para prevenir enfermedades, promover la salud y ser un medio de sustentabilidad del medio ambiente.

De acuerdo con nuestro nivel actual de conocimientos, el Estado mexicano debe impulsar la biotecnología puesto que nos permitirá cumplir mejor con el mandato de una economía sustentable y con la protección de las bases naturales de la vida. Según la opinión unánime de los expertos, se requiere con urgencia duplicar los recursos asignados a la investigación para no quedarse dormitando en la competencia internacional.

No se trata sólo de la investigación orientada a la academia, sino, sobre todo, a la *aplicación en la industria*. Acorde con la tesis, el Gobierno Federal está descuidando la investigación aunada a la industria, no se invierte en clústeres industriales y mucho menos en proyectos spin-off, los cuales han demostrado funcionar en todo el mundo; el resultado del fomento a este tipo de proyectos será la creación de nuevas empresas desde un ámbito universitario; esto nos permitirá entrar en la competencia en los mercados internacionales. México necesita poner a la innovación de su parte, aprovechar de los recursos naturales del país y sobretodo crear una cultura de riesgo y fomento ligada a un espíritu emprendedor en el capital humano.

En México debemos promover la obtención de recursos económicos a partir de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, y es de señalar que la competitividad futura del país en el ámbito de la biotecnología depende de forma decisiva en la optimización de las condiciones y medidas concretas del apoyo económico para las nuevas

generaciones de *jóvenes científicos*. Para ello se requiere *flexibilizar* las estructuras y requerimientos tanto legales como los académicos/administrativos para crear incentivos de rendimiento y motivación por la innovación. Lo que indirectamente crearía un fomento a la transferencia de conocimientos y tecnología nacional al sector público/privado, creando nuevas industrias, empresas y centros de innovación tecnológica o fortaleciendo los ya existentes en el país con novedosas ideas y productos.

La comprensión de este escenario global y la inserción del país en la dinámica científica mundial son *necesarias*, ya que permitirán comprender mejor nuestros problemas nacionales, buscar solución y simultáneamente fortalecer nuestra identidad y soberanía.

México con más de 100 millones de habitantes enfrenta a un crecimiento previsible de 20 millones más en los próximos 20 años, lo que nos hace pensar que la población tiene un incremento jamás visto, lo que conlleva problemas que necesitan una solución viable y sustentable, puesto que la integridad de nuestro planeta está en juego; *si la biotecnología no es la mejor opción, sin duda es una de las mejores* para contender con problemas como la contaminación de recursos ambientales y la destrucción de biodiversidad mexicana.

Tal como se vio en este trabajo, la biotecnología tiene aplicaciones en todos los sectores económico-sociales, ejemplo de ello, es el campo, en el cual se debe utilizar para combatir plagas, erradicando el uso de plaguicidas químicos antiguos que degradan los ecosistemas y que son un peligro para la salud; debe usarse también para combatir la contaminación ambiental mediante procesos de biorremediación con microorganismos, hongos o las mismas enzimas y procesos de fitorremediación mediante plantas. Otro sector de desarrollo que aún se encuentra en su fase inicial es el de los organismos genéticamente modificados o también llamados biológicamente modificados; en esta parte de la biotecnología en la cual influye también otra ciencia que es la ingeniería genética, existe controversia para su uso, promovida por diversas organizaciones ecologistas que acusan a los productos transgénicos de provocar daños secundarios a la salud y el medio ambiente. Sería muy recomendable realizar estudios e investigaciones para determinar hasta qué punto podemos usar estas tecnologías sin provocar mayores peligros, pero abriendo la oportunidad de que los científicos y tecnólogos demuestren si puede haber beneficios sin daños ya que mediante este tipo de tecnología se genera una gran cantidad, tanto en

volumen como en variedad y calidad, de productos y sustancias necesarias en diferentes áreas, lo que se refleja en más alimentos y aditamentos nutricionales.

Otro campo es el de las proteínas recombinantes para uso clínico, vacunas, sistemas de diagnóstico y otros medicamentos avanzados como sustancias y moléculas que pueden sustituir a las producidas hoy día por la industria química, como plásticos degradables biológicamente, nuevas moléculas químicas y farmacéuticas, así como el área de nuevos combustibles liderados por el uso del etanol e hidrógeno.

Concretamente, mi propuesta sería el *desarrollar un parque biotecnológico* en el cual estén presentes empresas e instituciones que desarrollen productos, servicios, dispositivos e investigación que estén relacionados con las ciencias biológicas; mediante la coinversión de capital público y privado. Particularmente serían elegibles empresas en el ámbito de la biotecnología y dado el nivel de desarrollo alcanzado por los actores relacionados con este campo *se sugiere que sean biotecnologías en sectores estratégicos como el alimentario, farmacéutico, tecnologías ambientales y agrícolas.*

En un periodo de diez años la promoción se haría en los sectores alimentarios, agrícolas y farmacéuticos y como respuesta se necesitaría diseñar un plan nacional de fomento/promoción para el lanzamiento y exportación de los productos mexicanos. Finalmente tener un seguimiento de resultados y hacerlos de conocimiento nacional.

Bibliografía

Agencia Brasileña de promoción de exportaciones e inversiones APEXBRASIL; “Brasil en la era del conocimiento” en la sección de *Ciencia y Tecnología*; Ed. Apex-Brasil, Brasíia, Brasil. [En línea] <http://www2.apexbrasil.com.br/es/investir-en-brasil/porque-investir-en-brasil/ciencia-y-tecnologia> Consultada el 30 de Junio del 2013.

Agenda 21, Capítulo 16. El texto completo de la Agenda 21 está disponible en línea: www.un.org/esa/sustdev/agenda21text.htm Consultado el 07 de Junio del 2013.

Agrobio México, Aplicaciones y beneficios de la biotecnología agrícola en México y en el mundo; Objetivos y Actividades [En línea] http://www.agrobiomexico.org.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1&Itemid=9 Consultado el 09 de Septiembre del 2013.

Al Seadi, Teodorita; *Biogas Handbook*, University of Southern Denmark Esbjerg; Esbjerg, Denmark, 2008, pp. 60.

Análisis de la Competitividad de México: Cierre 2011; p.2 [En línea] http://www.economia.gob.mx/files/diagnostico_economia_mexicana.pdf Consultado el 03 de Julio del 2013.

Arbonés L. Ángel; *El clúster del conocimiento*; en Fundación Iberoamericana del conocimiento; 2000. Pp. 1-7. [En línea]: http://www.gobernabilidad.cl/documentos/clustercono_asterri.pdf Consultado el 16 de Junio del 2013.

ArgenBio Consejo Argentino para la información y el desarrollo de biotecnología. *Plantas de tabaco transgénicas producen proteína para tratar enfisema* en ArgenBio; Publicado: 21-08-2008; © Copyright ArgenBio 2007 [En línea] <http://www.argenbio.org/index.php?action=notas¬e=4316> Consultado 18 de Junio del 2013

Arias F. Carlos. *Instituto de Biotecnología/UNAM Propuesta de Plan de Desarrollo (2009-2013)*. UNAM. Pp.4; [En línea] <http://www.juntadegobierno.unam.mx/pdf/biotecnologia/plan-trabajo-arias.pdf> Consultado el 17 de Agosto del 2013.

Arriaga Arellano Elena, BoshGuha Pedro et all.; “Capítulo 4 Marco Legal e Institucional” en *Biología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades*. Francisco Bolívar Zapata (coordinador) Conacyt y Fondo de Cultura Económica México DF, 2002. Pp. 84.

Arriaga Arellano Elena y Larqué Saavedra Alfonso; “Capítulo 3 Diagnóstico de la situación de la biología en México” en *Biología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades*. Francisco Bolívar Zapata (coordinador) Conacyt y Fondo de Cultura Económica México DF, 2002. Pp. 45.

Arriaga, E. & Larqué, A. in *Biología Moderna para el Desarrollo de México en el Siglo XXI, Retos y Oportunidades*. ed. Bolívar, F. CONACyT y Fondo de Cultura Económica, México, 2002. Pp. 45–70.

Barr, SH., Baker T, Markham, Steven K. «Bridging the Valley of Death: Lessons Learned From 14 Years of Commercialization of Technology Education». *Academy of Management Learning & Education*. 2009. Vol.8-3 p.370–388.

Bayer de México, S.A. de C.V. [En línea] [http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/Products/\\$file/Folleto_Infinito.pdf](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf/files/Products/$file/Folleto_Infinito.pdf) en Bayer CropScience; Fecha de edición: Abril de 2011 Bayer. Consultado 18 de Junio del 2013.

Bayer de México, S.A. de C.V. [En línea] <http://www.cropscience.bayer.com/en/Company.aspx> en Global Internet Portal Last updated: September 6, 2012. Consultado 18 de Junio del 2013.

Bellis, M., 18th Century Timeline 1700 - 1799, 18th Century - the technology, science, and inventions. Disponible en: <http://inventors.about.com/od/timelines/a/Eighteenth.htm> Consultado el 23 de julio de 2013.

Bellis, M., (S/F). *19th Century Timeline: Modern inventions of 2000*. Disponible en: <http://inventors.about.com/od/timelines/a/ModernInvention.htm> Consultado 26 de julio 2013.

Bellis, M., 20th Century Timeline: 20th Century - the technology, science, and inventions. Disponible en: http://inventors.about.com/od/timelines/a/twentieth_5.htm Consultado 27 de julio 2013.

Berger, P., Luckmann T., *The social construction of reality: a treatise in the sociology of knowledge*. New York, 1966.

BIOTECCanada; © Copyright 2011 BIOTECCanada. All rights reserved and Web design + development by Atomic Motion. [En línea] <http://www.biotech.ca/en/who-we-are/overview.aspx> Consultado el 25 de junio del 2013.

Biotechnology and Bioengineering; March 1962; Volume 4, Issue 1; Pp. 1-125 [en línea]: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bit.v4:1/issuetoc> Consultado el 14 de Junio del 2013.

Biotechnology Industry Organization; “about BIO” [En línea] <http://www.bio.org/> Consultado el 25 de Junio del 2013.

Bolívar, Francisco; *Biología Moderna para el Desarrollo de México en el Siglo XXI, Retos y Oportunidades*. CONACyT y Fondo de Cultura Económica, México, 2002 Pp. 339.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; *Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados* en Diario Oficial de la Federación 18 de Marzo del 2005. Pp.44 [En línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM.pdf> Consultado el 02 de Septiembre del 2013.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; *Ley de Ciencia y Tecnología* en Diario Oficial de la Federación 5 de Junio del 2002. Pp. 43 [En línea] http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/docs/acerca_siicyt/ley.pdf Consultado el 02 de Septiembre del 2013.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión; *Ley de Promoción y de desarrollo de los Bioenergéticos* en Diario Oficial de la Federación 1 de Febrero del 2008. Pp.12 [En línea] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf> Consultado el 02 de Septiembre del 2013.

Carayannis Elias G.; RogersEverett M.; *High-technology spin-offs from government R&D laboratories and research universitie*; en *Technovation*; Volume 18, Issue 1, January 1998, Pages 1-11.

Castells, M. *La era de la información. Economía, sociedad y cultura I*. La sociedad red; Siglo XXI, 4a. Ed., 2000, pp. 592.

CEI Competitividad e innovación México-Unión Europea; Alemania: líder mundial en ciencia y tecnología. [En línea] <http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/2060/1/images/alemania.pdf> Consultada el 29 de Junio del 2013.

Chan Jennifer; “Innovating Medical Biotechnology: PROBIOMED, a first-rate Mexican company with a global reach, is one of Mexico’s key biotechnology players” en *Negocios ProMexico*; Febrero, 2010, Pp.25-31 [En línea] <http://www.promexico.gob.mx/work/models/promexico/Resource/983/1/images/Febrero2010.pdf> Consultado el 28 de Agosto del 2013.

Coates, F. J., “Future Innovations in Science and Technology” en *The International Handbook on Innovation*. Larisa V. Shavinina Ed. El sevier Science Ltd., 2003 pp.1171.

Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Rio de Janeiro, República Federativa del Brasil- Junio de 1992; en Jefatura de Gabinete de Ministros, Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable; [en línea] <http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/rio92/agenda21/ageindi.htm> Consultado el 07 de Junio del 2013.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; *Informe general del estado de la ciencia y la tecnología 2010*. México, Diciembre, 2010. Pág. 09.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT; *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2011*. México. Diciembre 2011. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). IMPI en Cifras 2008 y 2010. México. 2012. [En línea] <http://www3.inegi.org.mx/Sistemas/temasV2/Default.aspx?s=est&c=19007> Consultado el 01 de Agosto del 2013.

Corona, T. L., Jasso, V. J., “Enfoques y características de la sociedad del conocimiento: Evolución y perspectivas para México” en *Innovación en la Sociedad del Conocimiento*. Sánchez, D. G., (Coord.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Red de Investigación y Docencia en Innovación Tecnológica, 2005, pp. 34-38.

Descartes, R. *Discurso del método*; estudio preliminar, traducción y notas de Bello Reguera, E.; ed. Tecnos, Madrid, 2003.

Dirección General de Relaciones y Cooperación; Programa Alfa (UE) en Portal Web de Relaciones y Cooperación [En línea]

http://cooperacion.udelar.edu.uy/es/?page_id=113 Consultado el Lunes 5 de Julio del 2013

Drucker, P., *From Capitalism to Knowledge Society*. En *The Knowledge Economy*, Neff, D. Ed. Woburn Butter worth, 1998, pp. 46.

Drucker, P., *Para entender la sociedad del conocimiento: La sociedad del conocimiento*, Universidad APEC, Colección UNAPEC por un mundo mejor, 2005, pp. 13.

Duijn, JJ van, *La onda larga en la vida económica*, Londres, George Allen and Unwin, 1983, pp. 163.

Elinov, N.P. *La base de la biotecnología*, 1ª ed., Nauka, San Petersburgo, Rusia, 1995, pp. 381-382.

EuropaBio; Boosting the EU Bioeconomy; Last Updated 14.08.2012. [En línea] <http://www.europabio.org/> Consultado el 25 de Junio del 2013.

European Patent Office; Last updated 6.2.2013 [En línea] <http://www.epo.org/about-us.html> Consultado el 25 de Junio del 2013.

Fári, M. G. y Kralovánszky, U. P. *The founding father of biotechnology: Károly (Karl) Ereky*; Orsós Ottó Laboratory, University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences, Department of Vegetable. Publicado en *International Journal of Horticultural Science*. 2006, pp. 9-12

Farrington, B., *The Philosophy of Francis Bacon*, Chicago: Univ. of Chicago Press 1964; con versiones de *Temporis Partus Masculus, Cogitata et Visa* y *Redargutio Philosophiarum*. Trad.: F. Bacon, filósofo de la revolución industrial, Endymion, 1991.

Fernández P. G., *Heráclito: Naturaleza y Complejidad*. Tesis Doctoral Departamento de Filosofía y Lógica y Filosofía de la Ciencia. Área De Filosofía. Universidad de Salamanca, España, 2009, pp. 15.

Freeman, C., *La revolución de la computadora en los largos ciclos de desarrollo económico*, Munich, Carl Friedrich von Siemens Foundation, 1985, p.17

García Montero, Luis; Poeta Español citado por Fernández Pérez G. “*Heráclito: Naturaleza y Complejidad*” en Tesis Doctoral Departamento de Filosofía y Lógica y Filosofía de la Ciencia. Área De Filosofía. Universidad de Salamanca, España. 2009, pp. 15.

Genome News Network, topic of Genetics and Genomics Timeline-1973; *Herbert Boyer (1936-) and Stanley N. Cohen (1935-) develop recombinant DNA technology, showing that genetically engineered DNA molecules may be cloned in foreign cells;* Genome News Network is an editorially independent online publication of the J. Craig Venter Institute.© 2000-2004 J. Craig Venter Institute. [En línea]: http://www.genomenewsnetwork.org/resources/timeline/1973_Boyer.php Revisado el 26-06-2013.

Godin B., *The Rise of Innovation Surveys: Measuring a Fuzzy Concept, Project on the History and Sociology of STI Statistics*, Paper no. 16, Communication presented at the International Conference in Honour of K. Pavitt "What We Know About Innovation", SPRU, University of Sussex, Brighton UK, 2003, pp. 13-15.

Gómez, Pereira Belén; “Las 5 bebidas más tradicionales de México” en *México Desconocido* Sección de Gastronomía; [En línea] <http://www.mexicodesconocido.com.mx/las-5-bebidas-mas-representativas-de-mexico.-el-tepache.html> Consultado el 10 de Agosto del 2013.

Gonsen, Ruby; “The case of Biotechnology”, en M. Cimoli (editor) *Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context*, New York y Londres, Continuum y Pinter Publishers, 2000 pp. 218-226.

Granados-Sánchez, D. y López-Ríos, G. F. *Manejo de la palma de coco (Cocusnucifera) en México*. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 2002. 8 (1), 39-48.

Hine D y Kepeleris J. *Innovation and Enterpreurship in Biotechnology, An International Perspective*. Edward Elgar Editores. Cheltenham, U.K. 2006. pp. 269.

Informe General del Estado de la Ciencia, Tecnología e Innovación; Ed. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, México, 2011. Pp. 137.

Informe sobre Desarrollo Humano 2001 Poner el adelanto tecnológico al servicio del desarrollo humano, PNUD, Ediciones Mundi-Presa, México, 2001, Prefacio pp. 3

Inoculantes Labza; *¿Qué es un inoculante?*; México. [En línea] <http://www.labza.com.ar/descargas/inoculantes.pdf> Consultado el 30 de Agosto del 2013.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía México Comunicado NÚM. 389/1025 de Noviembre del 2010 Aguascalientes, AGS. [En línea]

<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/comunicados/rpcpyv10.asp>

Consultado el 08 de Julio del 2013.

Instituto Politécnico Nacional; Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Copyright© 2009. Transferón®. [En línea]

<http://www.factordetransferenciaipn.com.mx/composicion.htm> Consultado el 10 de Agosto del 2013.

James J. Walsh. *Louis Pasteur*. Catholic Encyclopedia. New York: Robert Appleton Company. 1913.

Juma, C. The new genetic divide: Biotechnology in a globalizing world. *International Journal of Biotechnology* (forthcoming) 2002

Kondratieff, N. D., *Die langen Wellen der Konjunktur*, *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, 1926, pp. 573-609.

Kondrátiev, Nikolái D. *Los grandes ciclos de la vida económica*; Ensayos sobre el Ciclo Económico., 1956, pp. 35-56; Gottfried Haberler compilador. Fondo de Cultura Económica, México, 2ª ed. Original Ed. 1935.

Lamo de E. E., González G. J. M., Torres C., *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Alianza Editorial, Madrid, 2002, pp. 632.

Lemarié S; Mangematin V.; Torre A.. *Is the Creation and Development of Biotech SMEs Localized? Conclusions Drawn from the French Case*. *Small Business Economics*, 2001, Volume 17, Numbers 1-2, 20 pp. 61-76.

Loera Martha Eva; México último lugar dentro de la OCDE en ciencia y tecnología, en “Noticias Universidad de Guadalajara”; Guadalajara, Jal., 2 de marzo de 2010. [En línea] http://www.vicerrectoria.udg.mx/proyectos_CUNORTE_2010 Consultado el 27 de Junio del 2013.

Los Pinos; 7 de Noviembre del 2000; *Los años 90 no fueron una década perdida*
Comunicado No. 2506 [En Línea]

<http://zedillo.presidencia.gob.mx/pages/vocero/boletines/com2506.html> Consultado el 05 de Julio del 2013.

Lourival D. Possani. “The past, present, and future of biotechnology in Mexico” en *Nature Biotechnology*, Ed. Nature Publishing Group. Mayo 2003, Volume 21. Pp. 582-583.

Machlup, F., *The production and distribution of knowledge in the United States*. Princeton University Press, 1962, pp.9.

Martin J., *The meaning of the 21st Century: a vital blueprint for ensuring our future*. River head Books, Penguin Group, New York, 2006, pp. 429.

Martínez M. H., *Heráclito: el Despierto*. Nova Tellus, Vol. 28, No. 1, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2010, pp. 51-72.

Mc. Luhan. M., *Understanding media: The extensions of man*. Harper & Row. New York, 1994, pp. 74.

Mc. Neill; “The Rise of the West after twenty five years”. at *Journal of World History* Vol.1 (1).1990.

Medicon Valley Alliance creating opportunities. *About MVA* [En línea] <http://www.mva.org/> Consultado 18 de Junio del 2013

Mercado Celis Alejandro; “Signos Vitales. Aprendizaje biotecnológico en América del Norte” en *Religión y Sociedad*. Vol. XVIII. N° 35; Año 2006. Pp. 23 [En línea] <http://lanic.utexas.edu/project/etext/35/1.pdf> Consultado el 12 de Agosto del 2013.

Michalski, W., R. Riel M. R., Stevens B. B., “Anatomy of a Long Boom ” en *The Future of the Global Economy: towards a long boom?* OCDE. 1999.

Modelski, G. “Long Cycles” in *World Politics*, London: Macmillan.1987.

Montville, T. J., and K. R. Matthews. *Food microbiology an introduction*, American Society for Microbiology Press, 2005. Pp.30

National Report Mexico, North American Forestry Commission – Food and Agriculture Organization; *Report to the Forest Genetic Resources Working Group; XXXIV Reunion*, Laurentian Forestry Centre, Quebec city, Quebec, Canada May 7-10, 2012. [En línea] http://www.fs.fed.us/global/nafc/genetics/2013/National%20Report_Mexico.pdf Consultado el 27 de Agosto del 2013

Nefiodow, L. A., *The Health Market as a Motor for Future Economic Development; The New Long Business Cycle of the World Economy*, 2013. Disponible en <http://www.kondratieff.net/>. Consultado 13 abril de 2013.

Nefiodow, L. A., *The Sixth Kondratieff*.2013 Disponible en <http://www.kondratieff.net/11.html>, Consultado 07 julio2013.

Nefiodow, L. A., *Der sechste Kondratieff. WegezurProduktivität und VollbeschäftigungimZeitalter der Information*. Sankt Augustin; Sixth Edition, 2006,pp. 317. ISBN 3-9805144-5-5.

OECD, *Biotechnology statistics database*, January 2009, (másactualizada) pp. 15-16.[En línea]: <http://www.biotechnologie.de/BIO/Redaktion/PDF/de/laenderfokus/suedkorea-oecd-report,property=pdf,bereich=bio,sprache=de,rwb=true.pdf> Consultado el 29-06-2013.

OECD, “International Futures Project” on *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. OECD International Futures Programme., pp.52

OECD, Patent Database, in *Compendium of patent statistics*, June 2008.[En línea] <http://www.oecd.org/sti/inno/37569377.pdf> Consultada el 1 de Agosto del 2013

Organización de la Naciones Unidas. *Convenio sobre la diversidad biológica*; Naciones Unidas, 1992, pp. 3.

Organización de los Estados Americanos (OEA), Consejo Interamericano para el desarrollo integral (CIDI); *Biotecnología: una realidad para el desarrollo sostenible de las Américas*, documento preparado por el Centro de Investigación alimenticia y Desarrollo A.C; 19 de Septiembre del 2007. Washington D.C; Pp. 2.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI; en la sección de los perfiles estadísticos de los países [En línea] http://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/countries/us.html Consultada el 28 de Junio del 2013.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual; *Mejora México en Innovación*; [En línea] <http://www.foroconsultivo.org.mx/home/index.php/comunicacion-social/cti-al-instante/1647-mejora-mexico-en-innovacion-ompi> Consultado el Martes 06 de Julio del 2013.

Orloff, M., *Inventive Thinking through TRIZ*. Berlin: Springer. 2006.

Pew Initiative on Food and Biotechnology. *Harvest on the Horizon: Future Uses of Agricultural Biotechnology*. Washington, D.C. 2001.

Quezada Fernando; “Commercial biotechnology in Latin America: Current opportunities and challenges”; *Biotechnology Center of Excellence Corporation*, Palgrave

Macmillan LTD 1478-565X/06 *Journal of Commercial Biotechnology*. Vol 12. NO 3. April 2006, Pp. 192–199. Date received: 11th October 2005.

Raines Lisa, *Of Mice and Men and Tennis Balls*, Across the board, Marzo de 1989, Pp. 46.

Ramos R. y Flores L.; “Recortan a Conacyt \$812 millones en el 2010” en *El Economista*, Sección Primer Plano, 10 de Noviembre del 2009. [En línea] <http://eleconomista.com.mx/notas-impreso/politica/2009/11/10/recortan-conacyt-812-millones-2010> Consultado el 31 de Julio del 2013

Ratledge C, Kristiansen B., *Basic Biotechnology*. Cambridge University Press. Segunda Edición. 2001.

Research Triangle Foundation of North Carolina. All rights reserved. © 2011. [En línea] <http://www.rtp.org/about-rtp> Consultado el 16 de Junio del 2013.

Rifkin Jeremy; *El siglo de la biotecnología: El comercio genético y el nacimiento de un mundo feliz*; Ed. Paidós; México, 1er edición en la Colección Bolsillo, 2009; pp. 79.

Rosenberg, Nathan; *Studies science and the innovation process*, World scientific, USA, 2010. Pp. 275.

RTI International. *Corporate Information*; © 2013 RTI International. RTI International is a trade name of Research Triangle Institute. [En línea] http://www.rti.org/page.cfm/Corporate_Information Consultado 18 de Junio del 2013.

Saito, F., “Managing technology development ”at *NEC Corporation. Int. Jour. Tech. Management*. Vol. 14, Nos.2/3/4, 1997, pp.196-207.

Salazar P. G., *Hacia una tecnología socialmente significativa*. En: Santos, M. J. y De Gortari, R. (coords.) *Computadoras e Internet en la biblioteca pública mexicana*, Pearson IIS, México, UNAM, 2009, pp. 4.

Sánchez C. C. L., *La tradición interpretativa platónica sobre Heráclito: el Cratilo y la doctrina del flujo perpetuo*. Tesis de Magister en Filosofía No. 438304 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Filosofía. Bogotá D. C., 2009, pp. 24.

Secretaría de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal; *los jóvenes, su ciudad y su aproximación a la ciencia y la tecnología* en Programas Transversales, [En línea]

<http://www.icyt.df.gob.mx/programas-transversales/jovenes-ciencia-tecnologia>

Consultado el 12 de Septiembre del 2013.

Soete, L; *Long cycles and the international diffusion of technology*, presentación en el International Seminar on Innovation, Design and Long Waves in Economic Development, Royal College of Art, Londres; 1983.

Soonwoo H., (S/F). *The magic of patent information*. Disponible en: http://www.wipo.int/sme/en/documents/patent_information.htm, consultado 30 julio2013.

Sasson, Albert; *Biotechnologies in developing countries: Present and future*. Volume 1: *Regional and National Survey*. Paris, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 1993. Pp.15.

Sylvia Davidson, “Hidden biotechnology World over \$7.5 billion a year”, *Nature biotechnology*, 4 de Mayo de 1996, Pp. 564.

Syngenta México 2013. © *Acerca de Syngenta*. [En línea] <http://www.syngenta.com.mx/cronolog%C3%ADa.aspx> Consultado el 19 de Junio del 2013

The Lab Rat; theLabRat.com, 2005; All Rights Reserved. [En línea] <http://www.thelabrat.com/jobs/companies/cities/BiotechSanDiegoCA.shtml> Consultado el 16 Junio del 2013

The Nobel Foundation; *Alexander Fleming Biography*. Les Prix Nobel.. 1945. Retrieved 27 March 2011. [En línea]: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1945/fleming.html Consultado el 14 de Junio del 2013.

The United States Patent and Trademark office an Agency of department Commerce. Last Modified: 6/10/2013 [en línea] <http://www.uspto.gov/about/index.jsp> This page is owned by Office of the Chief Communications Officer. Consultado el 25 de Junio del 2013.

Thomsonreuters.com *CORRECTED - TIMELINE: History of Monsanto Co*. Nov 11, 2009 3:42pm [En línea] <http://www.reuters.com/article/2009/11/11/food-monsanto-idUKN1032100920091111> Consultado el 19 de Junio del 2013

Triangle Universities Center for Advanced Studies, Inc. *A brief history* [En línea] [http://www.rtp.org/sites/default/files/TUCASI%20Background 0.pdf](http://www.rtp.org/sites/default/files/TUCASI%20Background%200.pdf) Consultado 18 de Junio del 2013

Van Beuzekom B, Arundel A. *OECD Biotechnology Statistics - 2006*. Organisation For Economic Co-Operation And Development OECD. París. 2006.

Vance Erick; "Why can't Mexico make science pays off?" en: *Scientific American.com*, October 2013. pp.67-71

Vega-González, L. R., (2012). The history of engineering careers in México and its relationship with social innovation. *Global Journal of Researches in Engineering: J General Engineering*. Vol. 12, Issue 4 Version 1.0, pp. 1-4.

Verkey, E., "Patenting of medical methods" at *need of the hour Journal of Intellectual Property Law & Practice*, 2007, Vol. 2, No. 2, pp.104-113.

World Intellectual Property Organization, WIPO; [En línea] <http://www.wipo.int/about-wipo/en/> Consultado el 25 de Junio del 2013.

WorldTradeOrganization; © World Trade Organization 2006 [En línea] http://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/whatis_e.htm Consultado el 25 de Junio del 2013.

Índice de Figuras	Título	Página
Figura 1	Del Conocimiento tecnológico a las Relaciones Internacionales 800-1800.	3
Figura 2	Del Conocimiento tecnológico a las Relaciones Internacionales 1800-1980.	4
Figura 3	Del Conocimiento tecnológico a las Relaciones Internacionales 1980-2030.	5
Figura 4	Relaciones causales de la situación internacional.	6
Figura 5	Innovaciones básicas y áreas de aplicación del periodo 1780-2005 DC, ondas Kondratieff K-1 a K-6.	28
Figura 6	Innovaciones básicas y patentes onda Kondratieff K-5.	31
Figura 7	Principales economías del mundo VS % del PIB destinado a I&D.	94
Figura 8	El valle de la muerte, espacio entre la investigación y la comercialización	99

Índice de Gráficas	Título	Página
Gráfica 1	Número de empresas de biotecnología en el mundo OECD	48
Gráfica 2	Patentes solicitadas a la OMPI (Estados Unidos de América)	71
Gráfica 3	Patentes solicitadas a la OMPI (Alemania)	73
Gráfica 4	Patentes solicitadas a la OMPI (Brasil)	76
Gráfica 5	Solicitudes de patentes a la OMPI (México)	87
Gráfica 6	Patentes concedidas (México) OMPI	88
Gráfica 7	Propiedad extranjera de invención doméstica por país 2003-2005 OECD	89

Índice de Cuadros	Título	Página
Cuadro 1	Patentes solicitadas (Estados Unidos de América) OMPI.	70
Cuadro2	Patentes Concedidas (Estados Unidos de América) OMPI.	72
Cuadro3	Patentes solicitadas (Alemania) OMPI.	73
Cuadro4	Patentes concedidas (Alemania) OMPI.	75
Cuadro5	Patentes solicitadas (Brasil) OMPI.	76
Cuadro6	Patentes concedidas (Brasil) OMPI.	77
Cuadro7	Indicadores del programa del estado de la ciencia, tecnología e innovación (México).	81
Cuadro8	Indicadores sobre actividades científicas y tecnológicas, 2008 a 2010.	83
Cuadro9	Solicitudes de patentes a la OMPI (México).	86

Cuadro10	Patentes concedidas (México) OMPI.	87
Cuadro 11	Aplicaciones de patentes mundiales por campo tecnológico.	91
Cuadro 12	Participación del GIDE en el PIB por país 2010.	93
Cuadro 13	Instituciones y dependencias que desarrollan proyectos de investigación y desarrollo en biotecnología.	115
Cuadro 14	Instituciones y sus dependencias con mayor participación en investigación y desarrollo tecnológico en biotecnología en México.	116