



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LA RELEVANCIA ECONÓMICA DEL DESARROLLO BIOTECNOLÓGICO, UN ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO PARA EL CASO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO 2.

RUBÉN YAREK SUÁREZ RUÍZ

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN ECONOMÍA

TUTOR:

MTRA. MARTHA MORENO MORENO

MÉXICO DISTRITO FEDERAL, ENERO, 2011.

© 2011, RUBÉN YAREK SUÁREZ RUÍZ.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**LA RELEVANCIA ECONÓMICA DEL DESARROLLO BIOTECNOLÓGICO,
UN ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO PARA EL
CASO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO 2.**

RUBÉN YAREK SUÁREZ RUÍZ

TESIS PRESENTADA A LA COMISIÓN INTEGRADA POR LOS
PROFESORES:

SERGIO CABRERA MORALES

HORTENSIA MARTÍNEZ VALDEZ

MARTHA MORENO MORENO

KARINA NAVARRETE PÉREZ

MANUEL SALAZAR RAZO

PARA COMPLETAR LAS EXIGENCIAS DEL GRADO DE
LICENCIATURA EN ECONOMÍA.

A mis padres y hermanos.

AGRADECIMIENTOS

A a mis padres, que gracias al respaldo y a los valores éticos que me han transmitido he logrado consumir esta meta.

A mi hermana, que ha sido un ejemplo a seguir y que siempre me ha brindado la ayuda necesaria para destacar y cumplir con cualquier objetivo que me proponga.

Al Dr. Alejandro Camarillo, un extraordinario amigo que gracias a su hilaridad he disfrutado de la vida universitaria.

...y al resto que no he mencionado pueden considerarse incluidos en *Ut*.

AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE GENERAL	IV
INTRODUCCION	VII
ACRONIMOS	VIII
I. EL PAPEL DEL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN LA CIENCIA ECONÓMICA	3
B. CONTEXTO MACROECONÓMICO	3
C. EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA EN EL PENSAMIENTO ECONÓMICO	7
1. CLÁSICOS	7
2. MATERIALISMO DIALÉCTICO	10
3. CICLOS ECONÓMICOS	10
a) INNOVACIÓN	11
b) EMPRESARIO	11
4. EVOLUCIONISTA	12
a) POSTULADOS GENERALES Y OBSERVACIONES A LOS SUPUESTOS NEOCLÁSICOS	12
b) EL CONOCIMIENTO: MATERIA PRIMA DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS E INNOVADORAS	14
c) FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN	18
5. LA RELEVANCIA DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA, TEORÍA DEL CLÚSTER Y LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA CREACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD SISTÉMICA	23
a) INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA	23
b) CLÚSTER	29
c) CREACION DE CONOCIMIENTO EN LA FORMACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL	33
II. BIOTECNOLOGÍA	37
B. CONCEPTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES	37
1. DEFINICIÓN	37
2. ANTECEDENTES	37
3. ASPECTOS TEÓRICOS GENERALES	43
a) CONCEPTUALIZACIÓN GENERAL	43
b) TÉCNICA DE ADN _R	45
4. CATEGORÍAS BÁSICAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICAS	46
C. APLICACIONES	47
1. SALUD HUMANA	47
a) DIAGNÓSTICO	48
b) TERAPÉUTICA	49
c) MEDICINA REGENERATIVA	50
d) MEDICINA PREVENTIVA	50
2. AGROPECUARIO	51
a) AGROBIOTECNOLOGÍA	52
b) BIOTECNOLOGÍA FORESTAL	54
c) BIOTECNOLOGÍA ANIMAL	54
3. INDUSTRIA ALIMENTICIA	56
4. MEDIO AMBIENTE E INDUSTRIA	57
a) BIORREMEDIACIÓN	58
b) INDUSTRIAS SUSTENTABLES	59

5.	OTRAS APLICACIONES	61
a)	SEGURIDAD	61
b)	ANTROPOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE DNA	62
c)	TAXONOMÍA Y VIDA SILVESTRE	63
D.	BIOÉTICA	63
1.	EUGENESIA	63
2.	CLONACIÓN TERAPÉUTICA Y USO DE CÉLULAS MADRE EMBRIONARIAS	64
3.	PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE OGM	65
4.	PROPIEDAD INTELECTUAL	67
5.	EXPERIMENTACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS	69
E.	BIOINDUSTRIA	69
1.	EMPRESA BIOTECNOLÓGICA	69
2.	CONDICIONES ACTUALES DEL MERCADO BIOTECNOLÓGICO	73
a)	DESARROLLO	73
b)	IMPACTO ECONÓMICO	79
c)	APLICACIÓN	81
III.	EL SECTOR SALUD EN MÉXICO	85
B.	ESTRUCTURA Y ACTUALIDAD	85
1.	NATURALEZA DE LOS SERVICIOS DE SALUD	85
a)	ATENCIÓN MÉDICA	85
b)	SALUD PÚBLICA	87
c)	ASISTENCIA SOCIAL	88
2.	RECURSOS DEL SECTOR	88
a)	RECURSOS HUMANOS	88
b)	RECURSOS MATERIALES	89
c)	RECURSOS FINANCIEROS	89
d)	ESTRATEGIA HACIA EL 2030	93
A.	INDUSTRIA FARMACÉUTICA	93
1.	ENTORNO ECONÓMICO	94
2.	ASPECTOS DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA QUE INCIDEN EN EL SECTOR SALUD	97
a)	PROPIEDAD INTELECTUAL E INNOVACIÓN	97
b)	PRECIOS	99
c)	GENÉRICOS	100
d)	AUTOMEDICACIÓN	101
e)	PRODUCTOS —MLAGRO” Y PIRATERÍA	104
f)	TECNOLOGIAS PARA LA SALUD	105
C.	DIAGNOSTICO DE LA SALUD	108
1.	POBLACIÓN Y DERECHOHABIENCIA	108
a)	COMPORTAMIENTO DEMOGRÁFICO 1980-2010	108
b)	DERECHOHABIENCIA	110
2.	PERFIL EPIDEMIOLÓGICO	110
a)	MORTALIDAD	111
b)	MORBILIDAD	113
3.	MEDICAMENTOS ESENCIALES PARA LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MORTANDAD Y MORBILIDAD	116
IV.	ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO & TECNOLÓGICO PARA EL CASO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO II	123
A.	DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PREVALENCIA DE LA ENFERMEDAD	123

1.	DEFINICIÓN Y DIFERENCIACIÓN	124
2.	HISTORIA NATURAL DE LA DM2	124
a)	PERIODO PREPATOGENICO	125
b)	PERIODO PATOGENICO	125
c)	NIVELES DE PREVENCIÓN	126
3.	PREVALENCIA	129
B.	TERAPÉUTICA & COSTOS	130
1.	TERAPÉUTICA NO FARMACOLÓGICA	130
2.	TERAPÉUTICA FARMACOLÓGICA	131
3.	COSTOS	131
a)	NO FARMACOLÓGICOS	134
b)	FARMACOLÓGICOS	139
C.	ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO & TECNOLÓGICO	144
1.	IMPORTANCIA DEL DCT EN LA PREVENCIÓN Y EL TRATAMIENTO DE LA DM2	145
2.	ESTUDIO DE CLUSTER	145
a)	METODOLOGÍA	146
b)	CLÚSTER CIENTÍFICO	149
c)	CLÚSTER TECNOLÓGICO	156
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
	GLOSARIO	166
	FUENTES DE INFORMACIÓN	174

INTRODUCCION.

Actualmente la ciencia y tecnología son reconocidas, con mayor claridad que en otros momentos históricos, como factores decisivos en la transformación económica y social de cualquier Estado; debido a ello diversas economías han venido desarrollando políticas macro y microeconómicas encaminadas a fomentar actividades científicas y tecnológicas que incentiven la creación de ventajas competitivas.

La presente investigación pretende demostrar que el desarrollo científico y tecnológico es neurálgico en la búsqueda de un Estado soberano cuya economía base su competitividad en la generación de conocimiento endógeno y vanguardista. Para ello se ha elegido como caso práctico el desarrollo biotecnológico aplicado al sector salud, particularizando en la diabetes mellitus tipo II debido a la importancia que tiene esta enfermedad dentro del perfil epidemiológico de la población mexicana. La investigación se ha planteado en cuatro capítulos.

En el primer capítulo se hace el planteamiento teórico referido al desarrollo científico y tecnológico, considerando a las corrientes del pensamiento económico más representativas que han tratado el tema.

Dentro del segundo capítulo se estudia el paradigma biotecnológico, para lo cual se ha descrito la evolución, los aspectos técnicos, las aplicaciones, las consideraciones éticas y los aspectos económicos de la biotecnología.

El tercer capítulo revisa la situación en la que se encuentra el sector salud, identificando los recursos con los que cuenta, la influencia que tiene la industria farmacéutica en el sector y el perfil epidemiológico de la sociedad mexicana.

Finalmente el cuarto capítulo busca identificar los costos, terapéuticos y tecnologías referidas a la Diabetes Mellitus tipo 2 reconociendo a los principales recursos humanos, instituciones y países que han estudiado y desarrollado tecnologías para tratar esta enfermedad.

ACRÓNIMOS

ANÁLISIS DE REDES SOCIALES	ARS
BIOTECNOLOGÍA MODERNA	BM
CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA	CANIFARMA
COLESTEROL DE LIPOPROTEÍNA DE ALTA DENSIDAD	cHDL
CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL DE ENFERMEDADES DECIMA EDICIÓN	CIE10
CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN	CONAPO
CAMBIO TECNOLÓGICO	CT
DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO	DCT
DIABETES MELLITUS TIPO II	DM2
DNA RECOMBINANTE	DNAR
DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL	DPI
DIVISIÓN SOCIAL DEL TRABAJO	DST
ENCUESTA NACIONAL DE SALUD Y NUTRICIÓN	ENSANUT
FOOD AND DRUGS ADMINISTRATION	FDA
FUERZA DE TRABAJO	FT
GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	GC
GRUPOS ECONÓMICOS	GE
INVESTIGACIÓN & DESARROLLO	I&D
INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA	IED
INDUSTRIA FARMACÉUTICA	IF
ÍNDICE DE MASA CORPORAL	IMC
INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL	IMSS
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA	INEGI

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PUBLICA	INSP
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS TRABAJADORES DEL ESTADO	ISSSTE
LEY GENERAL DE SALUD	LGS
ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO	OCDE
ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS O TRANSGÉNICOS	OGM
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE COMERCIO	OMC
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL	OMPI
ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD	OMS
POLYMERASE CHAIN REACTION	PCR
POLÍTICAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS	PCT
PAÍSES DESARROLLADOS	PD
PERFIL EPIDEMIOLÓGICO	PE
PAÍSES EN DESARROLLO	PED
PRESUPUESTO DE EGRESOS DE LA FEDERACIÓN	PEF
PETRÓLEOS MEXICANOS	PEMEX
PROGRAMA NACIONAL DE SALUD	PNS
POLÍTICA SANITARIA	PS
RED INTERNACIONAL QUE MAYOR IMPACTO CIENTÍFICO HA TENIDO EN EL ESTUDIO DE LA DM2	RC-DM2
RECURSOS HUMANOS	RH
SECRETARÍA DE MARINA	SM
SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL	SDN
SERVICIOS ESTATALES DE SALUD	SESA
SINGLE NUCLEOTIDE POLYMORPHISM	SNP

SISTEMA NACIONAL DE SALUD	SNS
SECRETARÍA DE SALUD	SSA
SISTEMA DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES	SSI
SISTEMA ÚNICO DE INFORMACIÓN PARA LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA	SUIVE
TRATADO DE LIBRE COMERCIO DE AMÉRICA DEL NORTE	TLCAN

"Para ir adelante de los demás, se necesita ver más que ellos."

- **José Martí**

CAPÍTULO I

EL PAPEL DEL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN LA CIENCIA ECONÓMICA.

***"Aquel que tiene imaginación, pero carece de conocimientos, tiene alas, pero no
tiene pies."***

- **Joseph Joubert**

I. EL PAPEL DEL DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO EN LA CIENCIA ECONÓMICA.

El presente capítulo tiene por objetivo presentar una síntesis de los principales autores que tratan el desarrollo científico y tecnológico (DCT) así como el cambio tecnológico (CT) en la teoría económica, para ello se ha planteado un contexto macroeconómico histórico con la finalidad de introducir al lector en el tema.

Las ideas que se revisarán serán aquellas referidas a las teorías: clásica, materialismo dialéctico, ciclos económicos y evolucionista, buscando con ello plantear un marco teórico de referencia y argumentar la importancia que tiene el DCT en el contexto económico. Aunado a ello se expondrá la importancia que tiene la Inversión Extranjera Directa (IED), el análisis del clúster y la Gestión del Conocimiento (GC) en la formación de la competitividad sistémica.

A. CONTEXTO MACROECONÓMICO.

En la actualidad el proceso de globalización¹ ha sido objeto de numerosos estudios multidisciplinarios, algunos de los cuales se han enfocado a desentrañar los orígenes e instrumentos de su evolución y propagación, hoy se reconoce que la revolución de las tecnologías de la información desarrollada a partir de la década de los 60's y su instrumentación a partir de los 80's ha jugado un papel clave en el desarrollo del proceso globalizador y la dinámica económica.

La introducción de estas tecnologías causaron que el modelo *fordista* caracterizado por la producción de bienes estandarizados, en grandes cantidades y en forma casi discontinua se viera superado y suplido por procesos de automatización flexible (*toyotista*), informatización, desarrollo de redes productivas y el fomento de actividades científicas e innovadoras; logrando con ello economías basadas en la diversificación de productos, mejoras de la calidad, tanto de productos como de procesos, y el aumento en la productividad global de los procesos y de la mano de obra.

En este contexto, a finales de la década de los 70's al verse agotado el modelo fordista las economías de los países desarrollados (PD) iniciaron una reestructuración industrial basada en el DCT como estrategia de reactivación económica. El surgimiento del DCT impulsó a los sectores tradicionales a transitar hacia industrias intensivas en la generación y uso de conocimientos científicos como la microelectrónica, telecomunicaciones, nuevos materiales o biotecnología.

La implantación de economías con DCT suscitó un esquema de relaciones económicas de carácter internacional donde el DCT es el componente principal de lo que se conoce como *ventaja competitiva*, la cual es considerada como la "generadora de nuevas oportunidades, de inversión, producción y de desarrollo económico y social".²

En consecuencia, las economías (principalmente los PD) diseñaron mecanismos e instrumentos encaminados a desarrollar y fortalecer los sistemas nacionales de innovación y hacerlos prioritarios dentro de la política económica.

¹ Entendemos por globalización al proceso cualitativo resultado de un conjunto de procesos actuales como el espacio virtual de la comunicación electrónica, la empresa transnacional tipo red, la competencia global, los eslabonamientos productivos mundiales, globalización financiera, ciudades globales o redes sociopolíticas mundiales de organizaciones no gubernamentales (Dabat, Ríos, Suárez, 2004).

² Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE); Technical Change an Economic Policy; Paris; 1980.

Dado el carácter estratégico y la importancia de la reestructuración industrial se desarrollaron distintos modelos (ver cuadro 1.1) encaminados a generar ventajas competitivas entre los cuales se destacaron el japonés y el liberal en sus dos modalidades (*mission oriented* y *diffusion oriented*). Estos modelos son fueron instaurados y adecuados por algunas economías emergentes (tigres asiáticos principalmente) mientras llevaban a cabo su proceso de industrialización, fomentando la creación de las ventajas competitivas que cosecharon décadas más tarde.

Las características del modelo japonés fueron las innovaciones incrementales (innovaciones surgidas a partir de la rutina), los controles de calidad ejercidos a lo largo del proceso productivo,³ el cooperativismo empresarial y el método *just in time*; características que propiciaron su posicionamiento estratégico y el alcance de estándares internacionales de calidad. Aunado a ello, coexistieron dos aspectos fundamentales: la calidad del sistema educativo y los constantes programas de capacitación y actualización de la mano de obra, factores que permitieron la creación de recursos humanos altamente calificados.

Christopher Freeman destaca que las reducidas diferencias jerárquicas, el incremento de las oportunidades de participación y diversos incentivos orientados a generar fidelidad en el trabajador hacia la firma resultaron en crecimientos de la productividad y acercamientos de la mano de obra a los procesos de cambio tecnológico.

Por lo que se refiere a los modelos liberales, el desarrollo de sinergias entre academia, industria y gobierno,⁴ permitió el flujo de conocimientos especializados entre los entes. Esta interacción ha propiciado que el conocimiento se desarrolle en forma cooperativa, retroalimentándose constantemente, además de que permite una amortización más rápida de la inversión a través de los emprendimientos conjuntos.

En contraparte, el modelo seguido por América Latina presentó deficiencias derivadas del proteccionismo y el centralismo en la toma de decisiones institucionales referentes al DCT altamente burocratizado, lo que derivó en una amplia diversificación de la inversión, haciendo casi imposible la concentración de capital en sectores industriales específicos.

Aunado a ello, la política comercial implementada facilitó la importación de tecnología, sin desarrollar ni difundir la producida en el país. Al respecto Halty-Carrère identifica este desequilibrio entre el ingreso de tecnología extranjera y la producción y difusión de la producida en el país receptor como un *círculo vicioso* (ver figura 1.1) caracterizado por la poca propensión a innovar.

Sumado a estas carencias hay que añadir las deficiencias del sistema educativo y su marginal sinergia con la industria, lo que minó el flujo de conocimientos de alto valor agregado y la formación de recursos humanos con experiencia práctica. Esto significó una dificultad para desarrollar actividades como la ingeniería reversa, actividad esencial y característica del aprendizaje tecnológico registrado en algunas economías asiáticas.

³ Desarrollaron un sistema denominado 5S+1 por sus siglas en japonés: *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke* y *Shikari* (en español: seleccionar, ordenar, limpiar, estandarizar, seguir el estándar y calidad personal). El sistema busca optimizar espacios manteniendo sólo lo necesario, asignando un lugar para cada cosa y manteniendo cada cosa en su lugar, conservando en excelentes condiciones de orden y limpieza buscando reforzar la calidad del personal.

⁴ Estas sinergias no son nuevas o producto del paradigma tecnológico informático. Como se verá más adelante en este capítulo las relaciones entre gobierno, industria y academia tienen sus orígenes más acabados a finales del siglo XIX cuando el Massachusetts Institute of Technology planteo un esquema donde convergen los tres entes y estableció una regla que se conoció como *un quinto* la cual determinó que los profesores debían dedicar un día a la semana a desarrollar consultorías para el sector privado, con ello se buscó desarrollar una ciencia empresarial.

CUADRO 1.1
MODELOS MACROECONOMICOS DE RECONVERSION INDUSTRIAL BASADOS EN EL DESARROLLO
DE CAPACIDADES
CIENTIFICAS-TECNOLOGICAS

MODELO	CARACTERISTICAS
Soviético Planificación Centralizada	Sigue estrategias tecnológicas selectivas y pueden concentrarse en sectores considerados de prioridad nacional, se encuentra determinado exclusivamente por la oferta lo cual padece de desventaja competitiva (Halty-Carrére, 1986).
Japonés Sistema Nacional de Innovación	Intervención gubernamental en el diseño y aplicación de la política científico-tecnológica globales, ejerce un proteccionismo económico en la búsqueda del fortalecimiento de la industria y promoción de la tecnología nacional. Promovió el empleo de tecnologías avanzadas (high technology) en sectores industriales con elevado potencial en el mercado internacional
Liberal I Mission-Oriented (EUA, Reino Unido, Francia)	Determina su política con base en la búsqueda de innovaciones radicales encaminadas a cumplir con metas de carácter nacional. Centraliza la toma de decisiones en las actividades de ciencia y tecnología y las acota a un grupo reducido de tecnologías consideradas estratégicas (aeroespacial, electrónica, nuclear, biotecnología, etc.).
Liberal II Diffusion-Oriented (Alemania, Suecia y Suiza)	Busca la difusión de las capacidades tecnológicas en la industria facilitándole el cambio tecnológico. Sigue una actitud descentralizada otorgándole a la industria la libertad de dirigir el camino a seguir en materia de investigación y desarrollo.
Sustitución de Importaciones América Latina	Sigue una política proteccionista buscando fomentar la creación de una industria propia con base en la importación de tecnología haciendo partícipes a las firmas transnacionales. El Estado es el principal impulsor del DCT.
Sustitución de Importaciones orientadas al exterior. Tigres Asiáticos	<p>En general estos países siguieron una política centralizada encaminada a insertarse en el mercado internacional orientándose a desarrollar sectores considerados estratégicos (textiles, petroquímica, construcción naval, siderurgia, maquinaria eléctrica, electrónica de consumo, automóviles y servicios financieros) con base en la adaptación tecnológica y DCT, promovieron una estabilidad social y el consumo colectivo, relaciones laborales estables y la creación de redes empresariales con el exterior directas e indirectas así como el mantenimiento de salarios reales por debajo de la productividad y elevadas tasas de ahorro.</p> <p>En particular podemos destacar de cada país:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corea del Sur: <ul style="list-style-type: none"> ○ El estado asumió el papel de principal empresario-inversor. ○ Creó grandes paraestatales y establecimiento de medidas proteccionistas para preservar el mercado interno. ○ Controló el sistema bancario y licencias de exportación-importación, se impulsaron fusiones de compañías coreanas en grandes redes verticales sin independencia financiera. • Hong Kong: <ul style="list-style-type: none"> ○ Buscó el incremento en las de exportaciones debidas a los cambios en las líneas de productos y en el valor de los productos. ○ Promovió la flexibilidad de los fabricantes para adaptarse a la demanda de los mercados mundiales dentro de los mismos sectores. ○ Mantuvo un diferencial entre sus precios relativos y el nivel de renta de EUA su principal mercado de exportación. ○ Intervino el estado en el ámbito del consumo colectivo (vivienda pública). ○ Se convirtió en la aduana de inversión hacia China y centro financiero de Asia del Pacífico. • Singapur: <ul style="list-style-type: none"> ○ Control de multinacionales. ○ Incremento la calidad de la mano de obra mediante la elevación de salarios lo que aisló a inversión que buscaba mano de obra no calificada. ○ Subvenciona la asistencia sanitaria. ○ El objetivo del gobierno era la industria de alto valor (I+D) y producción de obleas de chips avanzados. • Taiwán:

- Su núcleo de la estructura industrial estuvo compuesto por pequeñas y medianas empresas, establecidas con ahorro familiar y redes cooperativas de ahorro, y apoyadas cuando fuere necesario por bancos gubernamentales.
- Impulso una combinación flexible de redes centralizadas de empresas familiares que actuaron como subcontratistas para fabricantes extranjeros establecidos en ese país y como suministradoras de redes comerciales internacionales, vinculadas por lo general a través de intermediarios.

Fuente: elaboración propia con base en *Globalización, acumulación de capacidades e innovación: los desafíos para las empresas, localidades y países; 2007.*

FIGURA 1.1
EL CIRCULO VICIOSO DE HALTY-CARRÉRE



Fuente: elaboración propia.

Si bien se reconoce que las crisis financieras y los procesos de apertura económica (inducidos o no) afectaron drásticamente la industrialización del modelo latinoamericano debido a los problemas causados por el endeudamiento externo, se debe reconocer también que los intereses particulares de los grupos económicos dominantes y la corrupción minaron las posibilidades de desarrollar ventajas competitivas e insertar a las economías latinoamericanas en el entorno económico internacional de forma eficiente.

Al respecto, Carlota Pérez comparte esta idea considerando que la “*Sustitución de importaciones, aplicada como estrategia de desarrollo predominante se fue convirtiendo en un conjunto perfectamente coherente de conductas, conceptos y prácticas que involucraban a empresas, trabajadores, gobierno, bancos, consumidores, políticos, etc., y gradualmente fue cristalizando en instituciones que se reforzaban mutuamente. Este legado ideológico y actitudinal es, a nuestro juicio, el obstáculo más poderoso a la*

asimilación de las modernas tecnologías⁵ y prácticas de gerencia, que determinan la competitividad en el nuevo entorno internacional.⁶

C. EL PAPEL DE LA TECNOLOGÍA EN EL PENSAMIENTO ECONÓMICO.

Históricamente el análisis del impacto que tiene el DCT en el proceso económico ha sido tratado por las distintas escuelas de pensamiento económico como una parte importante de la economía política,⁷ así como de sus relaciones e impactos sobre la fuerza de trabajo.

Como se mencionó anteriormente el objeto del presente capítulo es observar y distinguir la forma en que tratan al DCT las principales escuelas de pensamiento económico, por lo cual a continuación se hará un breve resumen de las distintas apreciaciones de los autores más representativos de la economía política que han tratado el DCT.

Según el método de tratar el DCT encontramos dos tipos de orientaciones:

1. Aquellas escuelas de pensamiento económico que perciben al DCT como un proceso endógeno: Clásica, Materialismo Dialéctico, Ciclos Económicos, Evolucionista y
2. Las que consideran al DCT como un proceso exógeno: Neoclásica.⁸

1. CLÁSICOS.

Adam Smith siguiendo la tradición fisiócrata afirmó que la naturaleza produce poco; sin embargo, al aplicar una fuerza de trabajo (FT) y transformarla se obtenían productos de gran valor fruto de dicha transformación siendo en todo caso la FT la materia prima esencial en la creación del valor (Heilbroner; 1964).

Para Smith la división social del trabajo (DST), que dependía de la extensión de mercado, incrementaba la productividad por lo que la considero como la creadora de riqueza⁹ estableciendo que esta última era resultado de la FT, la DST y la proporción entre trabajadores productivos e improductivos.

Entendía que la DST se daba de forma natural, lenta y gradual esto debido a la propensión que presentan los agentes a negociar, cambiar o permutar cosas; de ahí proviene la especialización y una continua exploración de nuevas técnicas, buscando con ellas una disminución en los costos (Smith; 1777).

⁵ Es importante señalar que la tecnología no se transfiere fácilmente y que su asimilación está en función del know-how, dependiendo de aspectos como recursos humanos, capacidad de investigación, ingeniería de producción y políticas de desarrollo.

⁶ Carlota Pérez; La modernización industrial en América latina y la herencia de la sustitución de importaciones; Comercio Exterior, Vol. 46, Num. 5, México, mayo de 1996, pp. 347-363.

⁷ La economía política se reconoce como una ciencia que trata del desarrollo de las relaciones sociales de producción, estudiando las leyes económicas que rigen la producción, la distribución, el cambio y el consumo de los bienes materiales en la sociedad humana, en los diversos estadios de su desarrollo. Debido a que la economía política es una ciencia histórica, ésta busca revelar las condiciones y causas del origen, evolución y cambio de unas formas sociales de producción.

⁸ En la presente sección sólo se analizarán algunos de los principales autores que se encuentran englobados en el primer tipo de orientación ya que en la explicación de la teoría evolucionista se revisarán las debilidades de las que adolece la teoría neoclásica dejando claro porque no es una teoría efectiva para analizar el DCT y CT en la dinámica del proceso económico.

⁹ Smith concibe a la riqueza no como una mera acumulación dineraria, sino como una corriente de mercancías (ingreso real).

A partir de este razonamiento podemos construir un esquema (ver figura 1.2) sobre la visión global que tenía Smith respecto al origen del DCT.



Fuente: elaboración propia.

Smith al igual que otros autores de corte clásico como Stuart Mill, confiaba que en el largo plazo la máquina no afectaría la condición de equilibrio a pesar de las perturbaciones temporales que estas planteaban a la FT.

Razonó a la máquina y la técnica¹⁰ dentro de un contexto más amplio de la DST esta última considerada como la causante de la productividad.

Afirmaba que los incrementos en la productividad y la producción per cápita eran resultado de la simplificación del trabajo, derivada de la introducción de un mayor número de máquinas logrando con ello la reducción en el tiempo necesario en la manufactura y posibilitando a un trabajador la ejecución de la tarea de varios.¹¹

Un aspecto importante a resaltar es que Smith es el primer teórico que reconoce a la especialización de la FT como generadora de habilidades, resultado de rutinas que eran benéficas para la producción y que llevaban a generar lo que más adelante Joseph Schumpeter definió como innovaciones.

“cuanto más se pueda concentrar un obrero en algún punto del proceso de producción, más capaz será de descubrir algún medio de mejorarlo”

- Adam Smith.

Otro aspecto en donde este autor se adelanta es la amplitud de su filosofía *laissez faire, laissez passer* (dejar hacer, dejar pasar) del comercio internacional en donde incluía a los bienes de capital y el *know how* (saber hacer) que había impresos en ellos, dicho know how es hoy una de las variables medulares para cualquier economía basada en el conocimiento y cuyas restricciones son importantes en términos de competencia.

Los clásicos consideraron que la riqueza, ganancia y renta eran un activo o corriente de bienes que resultaban de los servicios de los factores de la producción (trabajo, recursos naturales y capital)¹² y que el precio de éstos se basaba en la teoría del valor-trabajo o bien por su utilidad o escasez (Jean-Baptiste Say, Nassau Senior y marginalistas).

¹⁰ Al considerarlo en un contexto más amplio Smith creía que el principio de la DST promovería una producción suficiente de bienes y servicios, así como de empleos.

¹¹ Como veremos más adelante esta visión no era compartida por Karl Marx quien considero que la introducción de la máquina era en todo momento en detrimento del trabajador y su salario.

¹² Obsérvese que a pesar de que el factor capital es privilegiado en su tratamiento, sus beneficios no se entienden como dinero, sino como un stock y corriente de bienes expresables en dinero (Moreno, 1999).

Sobre la educación, tanto Adam Smith como Stuart Mill, John McCulloch, Thomas Chalmers y Thomas Malthus reconocieron su importancia en la formación de *ciudadanos más sanos*, pues la consideraban una solución a problemas como la delincuencia, de hecho, Smith llegó a afirmar que la infelicidad producto del sistema fabril y la DST podía ser abatida por la educación pública; esto es importante ya que teóricos posteriores exhortan a la mejora del sistema educativo ya que es considerado como un motor de desarrollo económico.¹³

David Ricardo al igual que Smith razona al capital como la fuente de expansión económica y que le correspondía a la política económica el estimularlo. En cuanto a la maquinaria, ambos la consideraron benéfica para toda clase social por el hecho de ahorrar FT, lo que significaba un decremento en los precios.

Este argumento descansaba en el hecho de que los incrementos en la productividad del trabajo tenían como resultado un crecimiento en el stock producido, lo que significaba un aumento en la oferta y, de acuerdo a la Ley de Say, incrementaría la demanda por lo que los desplazamientos de la FT serían temporales y que en el largo plazo esa FT desplazada sería reabsorbida por los mismos o nuevos capitalistas, por ello los clásicos veían en el progreso técnico un aumento del producto total de la industria.

Tiempo después Ricardo dejó de compartir esta visión del todo, creía que la introducción de la maquinaria se basa en las expectativas de ganancia que de ella se esperaban, es decir, el incremento en el producto neto generado por el deterioro de las condiciones del trabajador aún a pesar del abaratamiento de las manufacturas y consideró que sólo si aumentase el producto neto en un grado tal que no disminuyera el producto bruto (en cantidad, no en valor) dicha introducción no vería afectada a la FT y sólo así se beneficiarían todas las clases sociales.

Ricardo utilizó el concepto de progreso técnico como un medio efectivo para no reducir el capital ahorrado por el alza en los precios de la FT.

Esto le llevó a poner especial atención a la relevancia económica del CT (introducción de maquinaria) como una estrategia de costos y precios, por lo que la mecanización de los procesos productivos era resultado del encarecimiento de la FT, también observo que esta mecanización beneficiaría al comercio internacional y la DST.

Al respecto Knut Wicksell en 1936 concluyó que la validez del modelo *ricardiano* sólo se verificaba en el corto plazo, pues en el largo plazo la FT desplazada por la mecanización traía consigo una caída en el precio de la primera¹⁴ con lo que se podrían hacer rentables viejas formas de producción.

Un argumento semejante presentó Eric Roll en 1970 cuando observó que el progreso técnico y la FT se encuentran en constante competencia y a menudo el primero comienza a ser empleado hasta el momento en que el segundo resulta más caro (alza en los salarios).

A partir de los enfoques señalados, se concluye que los clásicos estudian como un primer antecedente del DCT que la decisión sobre la mecanización de proceso productivo estaba condicionada a los análisis particulares de costo-beneficio sobre la sustitución de la FT.

¹³ Adam Smith; Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones; Tecnos, Madrid 2009.

¹⁴ Para Marx esta dinámica produciría un aumento en la plusvalía relativa.

2. MATERIALISMO DIALÉCTICO.

Karl Marx concuerda con Smith y Ricardo en que la implementación de la máquina comporta una reducción en el valor de la mercancía, ergo su precio, esto debido a la disminución del tiempo de trabajo necesario para su producción; sin embargo, Marx subraya que “de ninguna manera es el disminuir el tiempo de trabajo durante el cual el trabajador está ocupado en la producción” reduciendo así el tiempo que requiere el trabajador para la reproducción de su salario (Marx; 1861).

Marx entendió al CT como un producto social y lo considero importante en la lógica del capitalismo, aunque aclaró que el surgimiento de este sistema provino de la manufactura,¹⁵ a diferencia de Schumpeter quien percibió su origen en la innovación tecnológica.

Igual que Ricardo, Marx considero que el impulso que mueve a los capitalistas a introducir el CT es la competencia, la reducción de costos a través de economías de escala y la incorporación de innovaciones¹⁶ en el proceso productivo.

Al examinar el CT Marx diferenció la composición técnica del capital y la referida al valor, la primera la entendió como una proporción de los distintos medios de producción y la segunda como una relación entre capital constante y capital variable.

Concluyó que el CT bajo el esquema capitalista incrementaba la composición orgánica del capital¹⁷ con una reducción del capital variable respecto al capital constante. Por lo tanto la acumulación tiene como consecuencia un decremento de la demanda de trabajo, lo que significaba un incremento en el ejército industrial de reserva, llevando a una caída en el precio de la FT.

3. CICLOS ECONÓMICOS.

Josep Schumpeter, considerado el padre de la economía del CT e innovación, revolucionó la teoría tradicional de la firma, ya que incorporó la idea de un sistema económico dinámico y se apartó de la forma del pensamiento estacionario propuesto por Ricardo y Marx; por el contrario, apoyó y complementó la teoría de los ciclos económicos propuestos por Nikolai Kondratieff.

Schumpeter partió de dos conceptos claves: innovación y empresario. A la innovación, la concibió como el centro del sistema capitalista, caracterizado por la propiedad privada, la división del trabajo y la libre competencia; y al empresario como el agente encargado de introducir las innovaciones.

a) INNOVACIÓN.

¹⁵ La producción capitalista inicia cuando un capitalista ocupa simultáneamente un cierto número de trabajadores asalariados los cuales ponen a disposición del capitalista dueño de los medios de producción su FT.

¹⁶ Marx no utilizó el término innovación; sin embargo, si comprendió la diferencia entre esta y la invención sin fines capitalistas, es decir, invenciones de uso particular y no con el fin de hacer más eficiente un proceso productivo en términos de la plusvalía.

¹⁷ Se conoce como composición orgánica del capital a la relación, con arreglo al valor, entre el capital constante y el capital variable, dado que dicha relación refleja la composición técnica del capital, es decir, la relación entre la masa de medios de producción y la FT que el obrero vende al capitalista; y es a través de esta composición como se explica la Ley de la caída tendencial en la tasa de ganancia, es importante pues llega a una conclusión similar a los rendimientos decrecientes de Ricardo ambas teorías conducentes al estado estacionario las cuales son desechadas por Schumpeter al introducir la teoría de los ciclos económicos desarrollada por Kondratieff (1935).

A través del concepto de innovación, Schumpeter se apartó del estado estacionario de la corriente circular que se caracterizaba por repeticiones indefinidas en condiciones de competencia perfecta, cuya expresión formal la encontramos en el equilibrio *walrasiano*.¹⁸

Por innovación, Schumpeter entiende una invención con potencial de industrialización que se introduce en el mercado. El autor reconoció cinco tipos básicos de innovaciones:¹⁹

1. Nuevos procesos o formas de elaborar los productos existentes con los recursos disponibles.
2. Nuevos productos o nuevas versiones de ellos.
3. Nuevas fuentes o tipos de insumos.
4. Nuevos mercados.
5. Nuevos métodos organizacionales.

Dichas innovaciones presentan dos tipos de carácter: incrementales o radicales, siendo estas últimas esencialmente estratégicas para la firma pues le otorgan superioridad y la pueden aislar de la competencia. En su fase inicial predominan este tipo de innovaciones y una vez que el producto y la tecnología del proceso se hallan estandarizados, las innovaciones incrementales hacen su aparición relevando a las radicales.

b) EMPRESARIO.

Schumpeter definió al empresario como el articulador de las combinaciones (introducción de innovaciones) en la empresa, con un perfil definido por aspectos tales como:²⁰

- Tener la capacidad para distinguir nuevas combinaciones (innovaciones) que sean benéficas y llevar a cabo su introducción.
- Tener capacidad de liderazgo, la cual consiste en romper esquemas definidos así como suprimir la resistencia al cambio produciendo algo nuevo.
- Distinguir el potencial liderazgo económico de las invenciones.

Para Schumpeter la innovación se difunde en forma de “racimos” (aparición agrupada de innovaciones) los cuales son producto del liderazgo empresarial. Esto lo explicaba refiriendo que dichos racimos eran los generadores de la fase expansiva de los negocios que con el paso del tiempo mostraban signos de agotamiento, por lo que las innovaciones también tienden a agotarse.

Cuando las innovaciones tienden a terminarse y las expectativas expansivas sufren un cambio de tendencia, los empresarios innovadores calculan inversiones con tasas de retorno poco estimulantes, entonces inicia la fase depresiva, la cual no toca solamente al sector real de la economía, sino también al financiero.

En el punto inferior de la fase depresiva, los empresarios innovadores recalculan sus proyectos de inversión, comparándolos con respecto a una tasa de interés castigada, con

¹⁸ Con ello se excluía, según Schumpeter, totalmente la *creatividad económica* ergo la no introducción de innovaciones.

¹⁹ En su trabajo titulado “Teoría del desenvolvimiento económico” Schumpeter (1911) estableció que las invenciones son exógenas a su concepción económica lo cual las diferenciaba de las innovaciones las cuales tienen impreso en sí mismas un enfoque económico derivado de la novedad y el beneficio que estas presentaban, distinguió dos clases de innovaciones: tecnológicas y no tecnológicas.

²⁰ En ese sentido nuestro autor destaca que el empresario es el principal actor encargado de desatar el proceso de destrucción creativa además de que no asume el riesgo, es decir, no pone en riesgo su capital; “solamente se es empresario cuando se llevan a la práctica nuevas combinaciones, y se pierde el carácter en cuanto se ha puesto en marcha el negocio” (Schumpeter; 1911).

ello, concretizan los planes de expansión que despuntarán la recuperación, Schumpeter habla entonces de una destrucción creadora esencialmente dinámica.

Bajo este enfoque, el empresario que no cuenta con la capacidad de generar innovaciones a una tasa mayor o igual a la exigida por la competencia, pierde parte de su cuota de mercado, corriendo el riesgo de ser eliminado. Por ello, la competencia es un medio coercitivo y el proceso de coevolución de las empresas se convierte en una regla general del sistema capitalista.

Una vez que el empresario obtuvo los beneficios diferenciales asociados a la innovación en el proceso productivo, se establece un sistema definido en términos schumpeterianos objeto de estudio de la teoría evolucionista.

4. EVOLUCIONISTA.²¹

a) POSTULADOS GENERALES Y OBSERVACIONES A LOS SUPUESTOS NEOCLÁSICOS.

Como se vio en el apartado anterior, la innovación²² y la firma articuladas por el empresario juegan un papel medular en la generación de los ciclos económicos, siendo el CT la herramienta principal del empresario para crear competitividad instrumentando para ello una serie de emprendimientos innovadores.

Estos elementos fueron retomados por diversos autores durante la década de los 60's a 90's que, ante el agotamiento del modelo fordista, observaron la necesidad de desarrollar una teoría económica que comprendiera la importancia del DCT como un proceso endógeno del sistema económico. La escuela evolucionista puntualizó que el CT es un proceso de acumulación de conocimiento que depende del *estado del arte* de las tecnologías que se encuentran en uso.

Richard Nelson²³ y Sydney Winter, precursores de la teoría evolucionista, consideran que la necesidad persistente de innovaciones y el predominio de las interacciones positivas permiten el surgimiento endógeno de sistemas dinámicos.

Estos autores rechazaron la *racionalidad maximizadora* y el *equilibrio walrasiano* de la teoría neoclásica (que era el referencial teórico para cualquier estudio de carácter microeconómico de la época). Desde su punto de vista, estos elementos son sustituidos por la búsqueda satisfaciente y la selección no determinística con variaciones estocásticas (modelos no lineales).

La dinámica evolucionista incorpora las siguientes fuerzas de ajuste de la teoría económica general:

- **Ricardiano:** la difusión del CT y la movilidad del capital conducen a un ajuste estático de tipo clásico.

²¹ Existe una multiplicidad de teorías que tratan de explicar la importancia del DCT en la dinámica económica como la institucionalista, la teoría de la dependencia o la estructuralista, entre otras; sin embargo, la teoría evolucionista es considerada en la actualidad como aquella que mejor explica la influencia del DCT en el entorno económico actual.

²² En los modelos evolucionistas la importancia de las innovaciones radicales discontinuas es menor, por lo tanto la destrucción creativa ve disminuida su relevancia como fuente de la dinámica económica a diferencia de la teoría desarrollada por Schumpeter.

²³ Según Nelson (1995) la teoría evolucionista se caracteriza por centrar su atención en una variable (o un grupo de ellas) que cambia en el tiempo, dicha variable o sistema en cuestión sufre cambios parcialmente probabilísticos e interactúa con mecanismos de selección sistémica; esto implica que se excluyen las teorías completamente determinísticas y aleatorias.

- **Keynesiano:** los componentes autónomos de la demanda (inversión, exportaciones y gasto público) determinan el incremento del output y del empleo.
- **Schumpeteriano:** los cambios en el largo plazo de las técnicas de producción, pautas de la demanda, dimensión relativa de los sectores y estructuras industriales tienden a ajustarse.

El evolucionismo introdujo postulados que explican el comportamiento del sistema económico y manifestaban las debilidades del análisis clásico (ver cuadro 1.2).

Respecto a los estados y la dinámica del sistema económico influenciado por el DCT y el CT, Pérez explica como las revoluciones tecnológicas inciden en estos aspectos comportando dos clases de regularidades:

- Una de tipo recurrente a lo largo de toda la historia del capitalismo, y
- Otra temporal, específica a cada revolución tecnológica.

Entonces, cada revolución tecnológica tiene un doble carácter, por un lado está lo más visible: nuevos productos, industrias e infraestructura, cuyo crecimiento los convierte en los nuevos motores de la economía; por otro lado está el nuevo paradigma tecnológico conformado por las nuevas tecnologías de aplicación general (como lo fue la utilización del carbón y el hierro en el siglo XIX y ahora el uso de la informática y las telecomunicaciones), las nuevas formas organizativas y los nuevos modelos de negocio y de relación entre empresas.

Benjamin Coriat y Olivier Weinstein (1995) señalaron los fundamentos generales para identificar el análisis realizado por la escuela evolucionista:

- Elementos de permanencia, herencia o de transmisión (análogos a los genes en biología): definidos como rutinas aplicadas por los agentes económicos y que explican sus comportamientos;
- Un principio de variación o mutación: se refiere a los comportamientos de búsqueda que están en la base de las innovaciones.

Los evolucionistas tratan de encontrar una teoría del comportamiento micro que sea consistente con las regularidades macroeconómicas observadas empíricamente, así como con la generación endógena de discontinuidades a nivel de los agregados macroeconómicos.

Tales microfundamentos se basan en la consideración explícita de procesos evolucionarios de aprendizaje y selección entre agentes heterogéneos y limitadamente racionales que operan en ambientes no estacionarios y complejos, donde el comportamiento estratégico es "opaco".

Es decir, la teoría evolucionista considera que los agentes económicos no conocen todas las alternativas por lo que existe incertidumbre sobre el desarrollo y comportamiento de las nuevas estrategias. Esta incertidumbre es resultado de una multiplicidad de procesos determinados por el DCT y CT.

**CUADRO 1.2
POSTULADOS CLÁSICOS VS EVOLUCIONISTAS**

Supuestos Neoclásicos	Postulados Evolucionistas.
La conducta se basa en la maximización	Racionalidad limitada.
La característica del sistema económico es la escasez.	La característica del sistema económico es la continua evolución.
El sistema tiende al equilibrio.	Existen mecanismos de ajuste dinámicos.
Los estados de equilibrio son independientes de la historia.	La situación actual del sistema es dependiente de la trayectoria histórica.
Las instituciones no económicas no influyen en las conductas de los agentes ni en los resultados.	El marco socio-institucional influye los procesos de cambio técnico y estructural, la coordinación y los ajustes dinámicos.
Las interacciones entre los elementos son débiles o inexistentes.	Las interacciones son fundamentales para explicar los resultados.
Los agentes son idénticos (excepto en sus dotaciones y preferencias).	Los agentes son heterogéneos.
La incertidumbre es un problema de información asimétrica.	La incertidumbre es parte relevante del funcionamiento del sistema.
La tecnología es información.	La tecnología es conocimiento.
Modelización formal.	Modelización apreciativa.

Fuente: tomado de Salvador Estrada; 2005.

b) EL CONOCIMIENTO: MATERIA PRIMA DE CAPACIDADES TECNOLÓGICAS E INNOVADORAS.

Según la teoría neoclásica la tecnología es asimilada como información aplicable generalizadamente y materializada en un conjunto de instrucciones que, seguidas con precisión, llevan a un resultado específico y el conocimiento tecnológico se percibe como explícito, articulado, imitable, codificable y transmisible.

Los evolucionistas rebaten estos postulados considerando a la tecnología como un dato que va desarrollándose al mismo tiempo que se difunde, el cual es difícil de decodificar (conocimiento tácito y específico) y es apropiable, en un contexto industrial, económico y social.

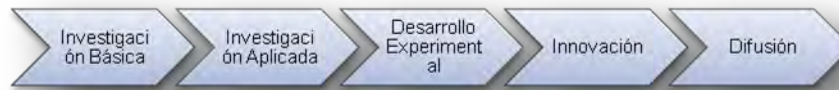
La tecnología se presenta como un *feed-back* permanente, es decir, es un proceso evolutivo, dinámico, acumulativo y sistémico.

La academia evolucionista identificó la presencia de tres sistemas: científico, tecnológico y económico; subrayando que en el sistema tecnológico es la firma quien crea la competitividad.

Debido a ello, las firmas comenzaron a buscar y desarrollar el conocimiento a través de un proceso de mejora y diversificación, por lo tanto, sus acciones, conocimientos previos y procesos de aprendizaje pasaron a representar su principal herramienta en la generación de ventajas competitivas.

Las firmas transitaron a una estrategia basada en el DCT, instrumentándolo como el motor de crecimiento y principal arma ante la competencia. En un principio desarrollaron modelos lineales (ver figura 1.3) los cuales buscaban generar competitividad a partir de las innovaciones, resultado del conocimiento desarrollado en la investigación básica.

FIGURA 1.3
MODELO LINEAL DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA



Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, más adelante el evolucionismo reconoció que la ciencia no era el total constitutivo de la tecnología e innovación, sino que era sólo una parte que la nutría y que no presentaba una causalidad lineal unidireccional (Rosenberg; 1982). Con ello se buscó evolucionar el esquema y se presentaron modelos holísticos en los cuales el DCT pasaba a ser un componente que interacciona con la ciencia, la tecnología, las instituciones, el mercado, la sociedad, el Estado y el sector privado (ver figura 1.4).

Aunque se presentaron modelos no lineales se observó que las firmas que contaban con un stock general o pool de conocimiento científico y tecnológico podían producir y usar innovaciones con mayor facilidad que aquellas que carecían del mismo y, dado que el conocimiento no siempre es de acceso gratuito, que debían buscarlo con el objetivo de poder decodificarlo y reproducirlo para la firma.

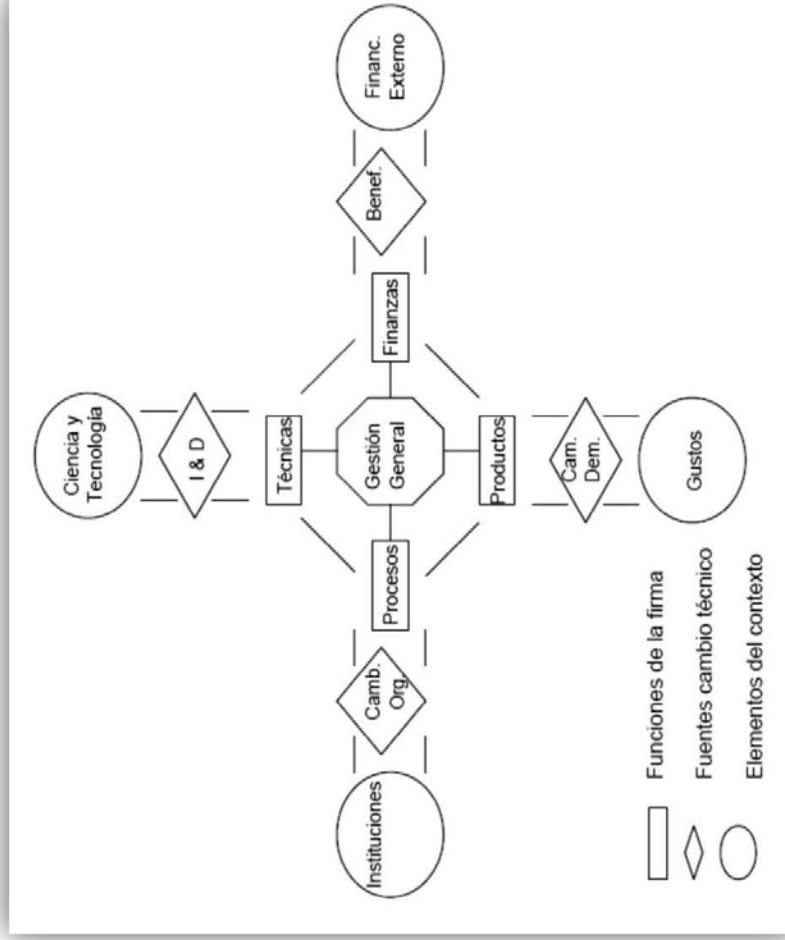
Es importante observar que el evolucionismo distingue a la información del conocimiento. La información consiste en proposiciones bien establecidas y codificadas sobre estados de la naturaleza o algoritmos que explican el know-how (Dosi; 1995). El conocimiento, por su parte, incluye categorías cognoscitivas, códigos de interpretación de la información, habilidades tácitas y heurísticas de resolución de problemas y de búsquedas irreducibles a algoritmos generalmente aplicables.

En consecuencia, el conocimiento, como recurso económico, difiere de otros:

- El conocimiento no pierde valor cuando se usa, al contrario, su uso incrementa su valor.
- Algunos elementos del conocimiento pueden ser transferidos fácilmente entre agentes económicos, mientras que otros están incorporados en agentes colectivos o individuales y son tácitos.
- El conocimiento no se intercambia fácilmente en los mercados y su apropiación privada no es sencilla (no es fácil definir derechos de propiedad sobre el conocimiento). En consecuencia, las fallas de mercado son la regla más que la excepción en cuanto al conocimiento (Lundvall; 1992).

Sin embargo, es importante señalar que el conocimiento y el CT conllevan una incertidumbre en la cristalización de innovaciones exitosas, mismas que están en función de aspectos como las asimetrías preexistentes en las subdisciplinas de las ciencias, el estado de la técnica, los recursos humanos, los costos asociados a su implementación y las condiciones del mercado e institucionales.

FIGURA 1.4
MODELO HOLÍSTICO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA.



Fuente: Tomado de von Tunzelmann; 1995.

Por lo anterior, podemos decir que el CT y la producción de conocimiento se caracterizan por:

- Presentar un carácter acumulativo y específico del DCT.
- Generan oportunidades tecnológicas que ofrece cada paradigma tecnológico.
- Presentan incertidumbres (técnica y comercial) en los resultados que se obtengan de dicho cambio.
- Registran propiedad privada.

En cuanto a la incertidumbre que se asocia al riesgo de la inversión, ésta disminuye a medida que el paradigma tecnológico se consolida y se asimila una rutina, la cual acota las alternativas.

Todo ello resulta del hecho de que la implementación de la innovación no garantiza el éxito de la misma, entonces el proceso productivo queda excedido y es ahí donde encuentra campo la habilidad tecnológica y técnicas comerciales empleadas de las que depende la innovación para tener éxito en el mercado (Dosi, Pavitt, Soete; 1988).

Sin embargo, el incentivo de apropiabilidad es una fuerza que impulsa a los agentes a innovar a pesar de la incertidumbre, pues ofrece la protección (patente, secreto industrial, tiempo de adelanto, curva de aprendizaje, capacidad comercializadora, etc.) de la ventaja competitiva derivada del proceso.

Así Jacob Schmookler (1962) afirma que los beneficios asociados a la invención, financiamiento e inventos potenciales se relacionan positivamente con las ventas. Con ello, nuestro autor asoció el progreso tecnológico al económico en el cual la sociedad incide mediante el mercado en la asignación de los recursos inventivos; por lo que el conocimiento sigue presentándose como uno de los mejores activos estratégicos que la firma puede desarrollar.

Siguiendo la tesis del conocimiento como activo estratégico encontramos un elemento neurálgico en la cristalización del know-how: el aprendizaje.

El aprendizaje es asimilado como un cambio incremental que se produce como resultado de la práctica, uso e ingeniería inversa. Es a través de la práctica donde aparece la innovación incremental como resultado del aprendizaje.

La etapa final del proceso de generación de la innovación es la difusión²⁴, que tanto a nivel producción como a nivel comercialización representa la herramienta de estándar generalmente aceptable para la innovación, materializada en un nuevo producto/proceso.²⁵

Para los evolucionistas si la firma no innova al ritmo de las tasas exigidas por la competencia, corre el riesgo de ser eliminada. Dado que las innovaciones son producto del conocimiento que la empresa desarrolla a lo largo de su historia es obvio, entonces, que el CT es resultado de una actividad tácita, acumulativa y local.

²⁴ Para Carlota Perez la difusión en términos de Revoluciones Industriales y paradigmas tecnológicos sigue una secuencia evolutiva con cuatro fases de 8 a 12 años de duración y un colapso financiero a medio camino. Cada paradigma, entendido como una forma de pensar o sentido común para la eficiencia y la innovación, sustituye al anterior y se mantiene por más de medio siglo (Pérez; 2008).

²⁵ Si bien los evolucionistas dan particular atención a la innovación incremental (considerada como la más importante) asociada al aprendizaje y producto de las rutinas de mejora de productos y procesos, reconocen que estas innovaciones se encuentran estrechamente relacionadas con el grado de difusión que tienen aquellas de carácter radical (ver sección previa referida a ciclos económicos) pues entre mayor difusión tengan estas, mayores serán las innovaciones incrementales.

Al respecto William Abernathy (1983) distingue dos patrones distintos (polares) de innovación global:

- Un proceso evolutivo desencadenado por una innovación exitosa; por lo que esta innovación supone un nuevo producto.
- Un patrón de innovación asociado a las economías de escala en que las características del producto así como su mercado estén consolidadas, por lo que la competencia se regirá en términos de precio.²⁶

La innovación es el resultado intangible de la instrumentación del conocimiento, pero es importante señalar que su materialización está constituida por los nuevos productos/procesos que desarrollan las firmas y que determinan sus ventajas competitivas.

La creación de invenciones está en función directa de las necesidades de nuevos productos/procesos, por ello resulta relevante conocer el ciclo de vida del producto (ver figura 1.5), mismo que responde al tránsito hacia nuevos paradigmas.

La evolución tecno-económica (influida por el mercado, la política económica y la sociedad) ha generado un proceso de producción especializado en el cual el conocimiento, los procesos de aprendizaje obtenidos a través de rutinas y la difusión de la tecnología e innovación, han caracterizado la nueva forma de generar ventajas competitivas adaptando el diseño del producto y las economías de escala que el mercado requiere y permite.

c) FACTORES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN.

El paradigma tecnológico²⁷ y la trayectoria tecnológica son los parámetros que los evolucionistas utilizan para describir la dinámica económica así como la influencia que representa el mercado en el proceso de la innovación y CT los cuales tienen efectos directos en el DCT.

La propuesta de paradigmas tecnológicos²⁸ como fenómenos que explican el CT son, en principio, parámetros que se destacan en la comprensión de las fuerzas o impulsos que lleva a los agentes a innovar e incorporar el CT en su proceso el cual se caracteriza por ser:

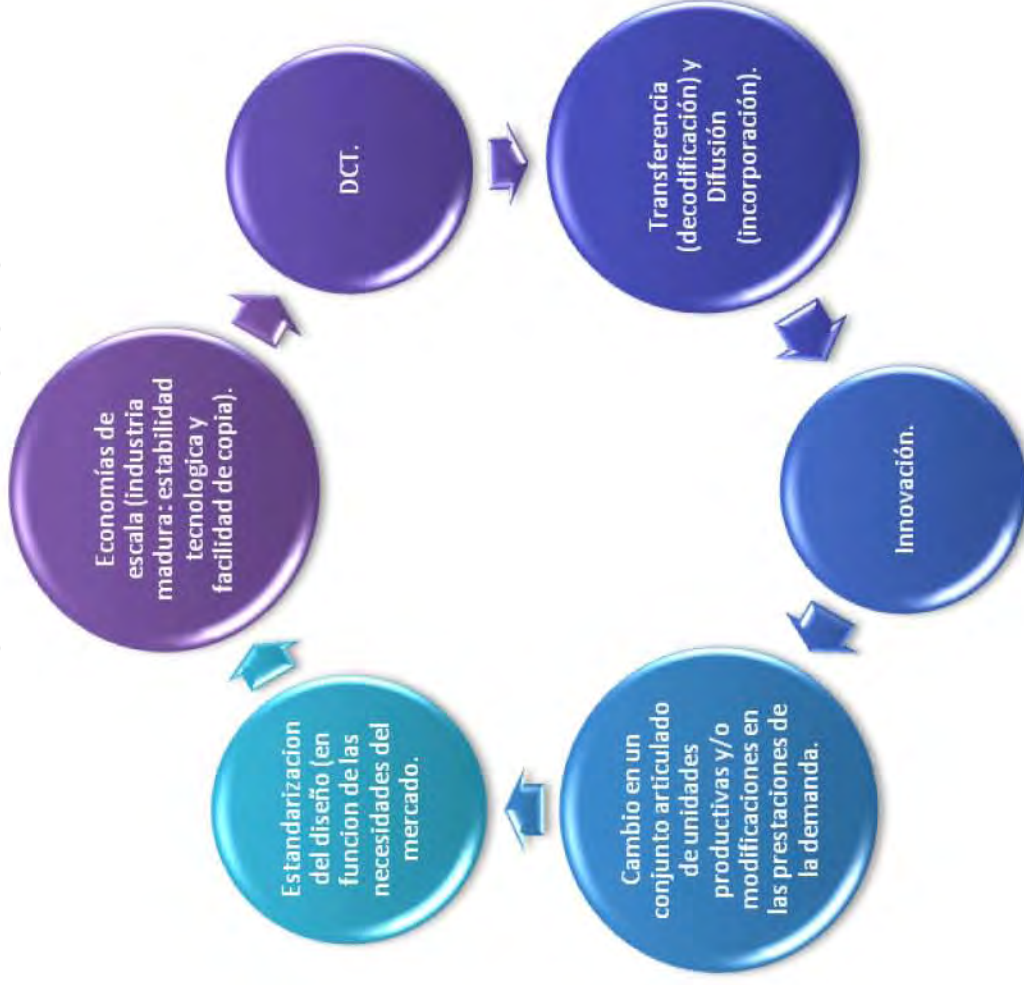
- Un proceso innovador que posee reglas propias que en el corto y mediano plazo no pueden describirse como reglas simples y flexibles.
- Considera al conocimiento científico vertebral en la apertura de nuevas posibilidades y direcciones del progreso tecnológico.

²⁶ Un ejemplo del proceso descrito por Abernathy es la revolución de los medios digitales de compresión de música y la microelectrónica asociada a ella. En un principio había distintas compañías (pequeñas y medianas en su mayoría) que ofrecían aparatos con la capacidad de reproducir estos formatos (el más popular fue el MPEG-1 Audio Layer 3 o MP3), al difundirse y popularizarse esta nueva tecnología entre el mercado del consumidor incentivo a grandes compañías a desarrollar productos mejorados asociados a marcas reconocidas lo cual resulto en la aparición del iPod de la compañía Apple que oferto un producto "novedoso" obligando a otras compañías a rediseñar sus productos (Sony Walkman) para entrar en competencia.

²⁷ Un nuevo paradigma tecnológico emerge a partir de nuevas posibilidades ofrecidas por las distintas disciplinas científicas discriminadas por las expectativas económicas e institucionales que de ellas se tengan, es decir, los paradigmas son resultado del impacto económico y social que se tenga del desarrollo e instrumentación de cierto conocimiento científico.

²⁸ Comprender y asimilar el paradigma o sentido común de una época es pre-condición del aprovechamiento de las oportunidades que aparecen durante el período de despliegue de esa revolución tecnológica (Pérez; 2003).

FIGURA 1.5
CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO



Fuente: elaboración propia.

- El incremento de la complejidad de las actividades de investigación e innovación rota alrededor de las organizaciones institucionales, siendo este el medio de cultivo típico para las innovaciones.
- El aprendizaje práctico es fundamental en los ratios de innovación y mejoramiento, al igual que la Investigación & Desarrollo (I&D).
- Las actividades de innovación e I&D poseen una alta incertidumbre en los resultados técnicos y la aplicación comercial.
- El cambio técnico no es azaroso.

Por su parte las trayectorias tecnológicas son componentes del paradigma y representan un conjunto de estándares tecnológicos estimados para un tiempo considerable influenciados por el mercado y la sociedad, siendo la innovación incremental quien rige el cambio en la dirección y el tiempo de las distintas tecnologías instrumentadas durante la trayectoria.

Debido a que ambos conceptos están directamente asociados a la dinámica económica Nelson y Winter identificaron algunos factores claves que afectan el proceso innovador y del DCT:

- El costo-beneficio.
- Preferencias del regulador (carácter legal e institucional) y del consumidor.
- Aprendizaje (asimilación endógena de la firma ante un cambio para una transferencia exitosa).
- Condiciones estructurales (político-institucionales, financieras)
- I&D tecnológico por realizar o adoptar (política científico-tecnológica propia de cada país).

A estos factores se le suma el mercado el cual Giovanni Dosi critica percibiéndolo como un ente débil en la dirección tecnológica que debía llevarse, precisó que la fuerza pública e institucional debía intervenir en dicha conducción. Lo anterior, argumenta Dosi, se debe a que los productores reaccionan ante los precios relativos y la distribución lo cual afecta la demanda y rentabilidad de cada producto, por lo que difícilmente podía encargárseles el objetivo de la dirección hacia donde se deseaba llegar en términos del DCT.

Sin embargo, hay que resaltar que las direcciones tecnológicas pueden surgir de forma extraordinaria como consecuencia del DCT periférico (no orientado a objetivos específicos enmarcado en una política acotada) o bien del incremento en las dificultades para avanzar siguiendo determinada dirección (sea por razones tecnológicas, económicas o sociales).

A esto nuestro autor denomino como “modelo estructural débil” en donde el comportamiento y estrategia de la empresa está determinada por las condiciones estructurales (empresa y/o grupo de empresas, sector y régimen tecnológico), las cuales definen los grados de libertad en términos de acción.

Con base en lo anterior hace la crítica al modelo neoclásico considerando que:

- Los comportamientos no pueden ser reducidos a la racionalidad simple y universal de agentes maximizadores.
- Las variables ajenas al mercado son una característica permanente de la constitución del sistema económico y esencial en el análisis del mismo.
- Existen combinaciones particulares de variables institucionales y procesos de mercado descentralizados que se adaptan eficientemente o parecen corresponderse, en términos de desempeño.

Debido a ello la organización institucional de industrias y mercados no importa en términos de resultados del desempeño, pues cada arreglo institucional es parcialmente endógeno al proceso competitivo y determinado parcialmente en un contexto específico de cada país.

Una característica importante en la organización institucional es la generación de asimetrías tecnológicas²⁹, aspecto importante en lo que se refiere a la competencia, pues dichas asimetrías comportan diferencias en la eficiencia productiva y rendimiento de productos, además de presentar un carácter acumulativo en tanto la competencia presente mayores tasas de innovación.

Estas asimetrías³⁰ se presentan cuando existen variedades tecnológicas (variaciones en las tecnologías de producción, combinación de inputs, diferenciación y/o segmentación de mercados) que conducen a comportamientos diversos y estrategias diferenciadas³¹ en el DCT.

Este hecho se traduce en una evolución heterogénea de la tecnología, creando desequilibrios e interdependencia tecnológica impulsando el dinamismo económico.

Al respecto, Dosi critica a la teoría convencional de ciclo de vida del producto, considerando que la vida del producto es cada vez más corta, la tasa del CT es elevada tanto en productos como en procesos y la innovación es resultado de un proceso de aprendizaje, por lo tanto la brecha tecnológica entre PD y PED no se reduce como se esperaría en la teoría neoclásica.

Ante este hecho los evolucionistas recomiendan incrementar la tasa de CT e intercambio tecnológico entre países reduciendo la brecha tecnológica entre agentes, acumular y fomentar el aprendizaje tecnológico, incrementar la apropiabilidad, presentar una sustitución entre viejos y nuevos productos eficientes buscando reducir la obsolescencia.

A estas medidas deben sumársele la difusión del conocimiento científico y tecnológico³², comercio de transferencia tecnológica³³ y desarrollo de capacidades imitativas mediante ingeniería reversa.

Al instrumentarse estas medidas se esperaría una mejora en la capacidad tecnológica nacional cualidad neurálgica en términos de competitividad, debido a que el progreso tecnológico deriva incrementos en la productividad del trabajo, crea nuevos mercados y amplía los ya existentes además de estimular nuevas inversiones.

En esta tesis Claudio Katz observa que la dinámica tecnológica de los PED debe:

- Presentar un intenso proceso de aprendizaje tecnológico e innovación incremental.

²⁹ El resultado directo de las asimetrías tecnológicas son diferenciales en los costos unitarios y, por lo tanto en el rendimiento unitario.

³⁰ Téngase en cuenta que las asimetrías tecnológicas juegan un papel internacional tan importante como las diferencias salariales, patrones sectoriales y capacidades de imitación, los cuales son los determinantes de la dinámica que comportan las interdependencias de las distintas economías.

³¹ Como pueden ser la discriminación en la selección de proyectos, abandono de producción o procesos de imitación, y diversidad organizativa (diversidad o especialización, formas de integración –vertical u horizontal- organigrama de gestión, etc.).

³² El medio por excelencia son las publicaciones formales (artículos, revistas, libros) e informales (sitios electrónicos de divulgación, blogs, comunidades virtuales y foros de discusión) populares en la actualidad dentro de la red virtual.

³³ Téngase en cuenta que el mercado tecnológico es dominado por el vendedor, por lo que el consumidor carece o posee información marginal dificultando la toma de decisión respecto a lo que debe adquirir y a qué precio lo debe adquirir, lo cual incrementa la posición monopólica del vendedor.

- Desarrollar condiciones organizativas adecuadas para explotar el proceso *learning by doing* en cada empresa y entorno.
- Variación en categoría y acumulación tecnológica según la naturaleza de la empresa.
- Proveer de apoyo institucional y de la industria local, pues son neurálgicos en el DCT y el éxito que el mismo presente en su incorporación en la producción y el mercado.

Continuando con la tesis de la evolución heterogénea del DCT, Dosi explica que en las primeras fases de la evolución de una tecnología (inicio del paradigma tecnológico) emergen firmas de tipo schumpeteriano asociadas a la introducción de nuevos productos; al incrementarse la difusión de dicha tecnología y ver acrecentada su importancia en términos de competencia los agentes se ven incentivados a incorporarla a su estructura y organización. En fases posteriores la difusión y estandarización hacen más asequible la incorporación tecnológica, sin embargo, decae la ventaja competitiva resultado de su estandarización.

Por ello el mercado competitivo³⁴ es esencial en la visión evolucionista, sobre todo en las primeras etapas tanto en la difusión como en el contraste de avances y soluciones técnicas y comerciales de las empresas schumpeterianas.

Visto desde la estructura industrial, la transición de los paradigmas comporta la desintegración de viejos oligopolios y aparición de otros nuevos.³⁵

Este hecho responde a las discontinuidades que tienen las revoluciones tecnológicas, por lo que una nueva tecnología no desplaza totalmente a otra, por lo tanto la capacidad científica de la firma (o economía) determina el grado de interfase (Pérez; 2008) y la creación o destrucción de firmas.

En síntesis la teoría evolucionista desarrolla su análisis a partir de la firma y la evolución que tiene en el sendero tecnológico considerándolo el camino idóneo en la creación de ventajas competitivas, teniendo en cuenta que:

- La capacidad de innovación determina la estructura del mercado.
- El proceso de aprendizaje, transferencia y difusión del DCT cristalizados en la innovación garantiza diversidad y dinamismo al sistema económico.
- El éxito de una innovación y su difusión depende de un conjunto de desarrollos complementarios.
- El ciclo de innovación debe analizarse desde el punto de la *familia* o conjunto de sistemas de productos y de subsistemas, en partes comunes o bien interrelacionados.
- El proceso de competencia y selección impide que el sistema se aleje radicalmente de la asignación estática eficiente.
- El CT genera asimetrías por lo que la dinámica industrial es resultado del proceso de interacción y retroalimentación entre la evolución de las tecnologías, estructuras y comportamiento de los agentes.

³⁴ Aunque Dosi reconoce que un monopolio temporal, resultado de la apropiabilidad de los beneficios, llega a ser un incentivo para la actividad innovadora del sistema global.

³⁵ Sin embargo esto puede presentarse solo como un estado transitorio de la firma dado su aprendizaje, por lo que viejos líderes del paradigma anterior pueden presentarse como líderes del nuevo paradigma.

- La incertidumbre asociada a los proyectos de innovación requiere de un aprendizaje y formación de los agentes inversores buscando con ello una mejor asignación de recursos.
- Los recursos humanos altamente especializados pueden conducir a efectos de exclusión resultado del pesimismo y *enceguecimiento* de aspectos más innovadores lo que se traduce en una aversión al financiamiento de proyectos nuevos minando el sendero de la innovación.
- Son necesarias instituciones que fomenten el flujo de capital de riesgo hacia emprendimientos innovadores.
- El dominio de una tecnología es resultado de la política tecnológica que tenga como objeto la adquisición de tecnología cada vez más compleja, así como el desarrollo de una infraestructura tecnológica nacional contenida en una planificación del desarrollo industrial con base en las estrategias a seguir.

5. LA RELEVANCIA DE LA INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA, TEORÍA DEL CLÚSTER Y LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LA CREACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD SISTÉMICA.

En la actualidad la creación de ventajas competitivas a través de la instrumentación de innovaciones producto de la generación de conocimiento científico-tecnológico se ha convertido en una de las estrategias que las distintas economías han impulsado.

En ese sentido, la inversión extranjera directa, la teoría del clúster y la gestión del conocimiento se reconocen como la base de la formación de la competitividad. Debido a ello en esta sección se analizan a detalle estos aspectos con la finalidad de complementar a las teorías estudiadas previamente.

a) INVERSIÓN EXTRANJERA DIRECTA.

La inversión extranjera directa (IED) tiene su origen teórico en los modelos de libre comercio desarrollados por los clásicos cuya hipótesis descansa en la teoría de la ventaja comparativa planteada por Ricardo, la cual tiene como precepto que una nación presenta ventaja comparativa en la producción de un bien si el costo de oportunidad en términos de otros bienes es inferior con respecto a otra nación.

Ello suponía una especialización, consecuencia del comercio exterior, que incrementaría la eficiencia de la producción y factores lo que produciría una disminución en los precios relativos, un aumento de la capacidad adquisitiva ergo un aumento en el bienestar social.³⁶

Este modelo fue evolucionando históricamente teniendo a la firma como principal promotor de las ventajas que ofrecía el comercio exterior, lo que supuso un proceso de expansión que la llevo de ser una empresa local a ser una empresa trasnacional (ET) y recientemente la empresa global.

³⁶ Es válido pues todo país presenta una ventaja comparativa en alguno de sus factores; sin embargo, se pasa por alto que la carencia de infraestructura, trabajo calificado y mercados consolidados tienen repercusiones en los ingresos reales. Por lo anterior, la liberación de los mercados en el corto plazo para este tipo de países representa una pérdida de soberanía y un desarrollo económico minado por las presiones que ejercen aquellas entidades que concentran la mayor parte del capital real y financiero.

Según Dunning tanto la globalización como la ET son los dos agentes principales de la expansión de los flujos de la IED³⁷ pues a través de ella las ET pueden expandir sus actividades. Recordemos que en la teoría de ciclos económicos son las firmas líderes en innovación las que presionan a la competencia para innovar continuamente con la introducción de nuevos productos, mejoras de calidad o con la reducción de precios; por otra parte los gobiernos se disputan la atracción de IED a través de prácticas de liberalización de los regímenes que regulaban o limitaban a las ET.

Este proceso desregulador tiene sus orígenes en los cambios económicos estructurales históricos que se iniciaron en la década de los 60's de ellos podemos destacar:

➤ **60's – 70's:**

- Ruptura de Bretton Woods (abandono de la convertibilidad del dólar en oro).
- Abandono del SSI.
- Crisis petrolera.
- Baja de productividad en países industrializados.
- Incremento de la deuda externa de Latinoamérica.
- Abandono del sector primario.
- Deterioro de los bancos centrales latinoamericanos.
- Infértuosas políticas en el manejo de los tipos de cambio latinoamericanos.

➤ **80's – 90's:**

- Apertura de mercados financieros.
- Liberalización desregulada de los mercados de economías en desarrollo.
- Devaluaciones recurrentes de países latinoamericanos.
- Crisis económicas recurrentes en el entorno global (México 1982, EUA 1987, Argentina 1989, México 1994, sudeste asiático 1997, Rusia 1998, Brasil 1999).
- Formalización del esquema neoliberal, cimiento de la actual corriente neoconservadora que se sirven del FMI y OMC, principalmente, como medios para lograr objetivos del status quo locales e internacionales.

La mayor parte de la IED comenzó a ser emitida y recibida por países desarrollados (PD), en tanto que los países en desarrollo (PED) han venido tomando un papel más activo en dichos flujos a través de la generación de ET encontrándose en las del sur, este y sudeste asiático las mayores ET.³⁸

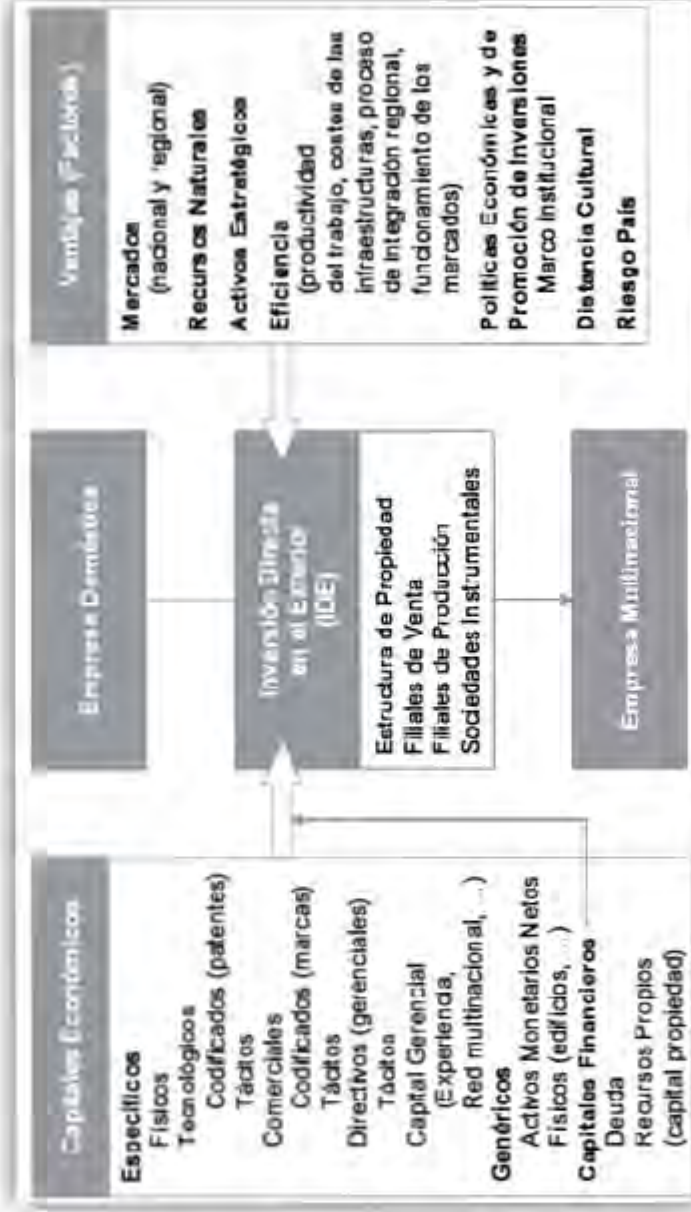
Aun así la IED sigue siendo tema de política económica estructural en los PED como México, los cuales basan en gran parte el desarrollo de sus capacidades productivas en dicha inversión, para ello han implementaron políticas económicas³⁹ encaminadas a lograr su incursión en el comercio internacional, entre las que se destacan:

³⁷ La IED se distingue de la inversión de portafolio o cartera porque implica el objetivo, por parte de una cantidad residente de una economía, de obtener una participación duradera en una empresa residente de otra economía. La IED es un flujo medido a través de la cuenta de capital dentro de la balanza de pagos, en tanto que la inversión de cartera es medido a través de la contabilidad nacional como uno de los componentes de la demanda doméstica.

³⁸ Un ejemplo de ello es el incremento de compras y fusiones transfronterizas. Este tipo de inversión es una vía para consolidar y mejorar la posición competitiva global, mediante el aprovechamiento de los activos propietarios de la firma absorbida o asociada.

³⁹ Que no tienen un origen endógeno a la economía que las implementara, sino que son resultado de la coerción de potencias económicas e instituciones internacionales como el FMI y la OMC.

FIGURA 1.6
FACTORES DETERMINANTES DE LA IDE



Fuente: tomado de La empresa multinacional española: Estrategias y Ventajas Competitivas; 2004.

- Liberalización del sector financiero, bancario y tipos de cambio.
- Eliminación de aranceles.
- Disciplinas fiscales⁴⁰ (disminución del gasto público, incluido el destinado a la educación pública principal productora de recursos humanos calificados en PED).
- Reformas fiscales orientadas a reducir la carga fiscal hacia las ET.
- Privatizaciones.
- Libre flujo de la IED.

Entre los aspectos que los inversionistas toman en cuenta (ver figura 1.6) para la selección del lugar donde harán fluir el capital encontramos:

- La estabilidad política y social.
- Tasas de crecimiento económico y tamaño de mercado.
- Disponibilidad de recursos naturales y marco regulatorio laxo.
- Estabilidad del tipo de cambio.
- Calidad y costo de la fuerza de trabajo.
- Políticas comerciales, fiscales y públicas orientadas a favorecer a la IED.
- Infraestructura física y tecnológica, localización geográfica, densidad del tejido industrial local.
- Proximidades culturales respecto al país origen y aspectos socioculturales.

Dentro de la evolución histórica que ha seguido la IED proveniente de PED Dunning observa tres “olas” que describen al proceso desde su fase embrionaria hasta su madurez.

- **Primera ola:** ocurrida en la década de los 60's – 70's países asiáticos, principalmente, y algunas firmas argentinas y brasileña. Se orientaron a proyectos de inversión en sectores extractivos, ingeniería civil y sustitución de importaciones en países receptores de la IED. Se caracteriza por ser IED localizada en economías vecinas utilizando como vehículo *join ventures* destinando la producción al mercado interno.
- **Segunda ola:** dominada por firmas de Hong Kong, Taiwán, Singapur y Corea del Sur⁴¹; caracterizada por una fuerte orientación exportadora motivadas por la necesidad de mantener o incrementar la competitividad de las firmas en los mercados locales y externos (Whitmore, 2004). A diferencia de la primera ola esta IED es de mayor escala y mayor sofisticación tecnológica.
- **Tercera ola:** se basa principalmente en la internacionalización de firmas Latinoamericanas guardando algunas semejanzas con la segunda ola.

Este autor explica la evolución de la ET a través de un *paradigma ecléctico* según el cual las empresas invierten en extranjero por ventajas competitivas propias (ventajas de propiedad) en sus procesos productivos (tamaño, tecnología) o en sus productos (marcas); ventajas de localización por producir en el extranjero (acceso o proximidad a mercados, costos de la mano de obra, infraestructuras); y ventajas de internalización por

⁴⁰ En la escuela evolucionista esta medida puede contravenir al proceso innovador, en el corto plazo puede resultar eficiente, pero en el mediano y largo plazo resulta en la pérdida de procesos innovadores y por lo tanto en la pérdida de competitividad.

⁴¹ Las firmas asiáticas se hacían responsables por la compra de equipo, el know how tecnológico y gerencial, comercialización y distribución externa, entrenamiento y control de calidad; en tanto que los socios locales manejaban asuntos administrativos, relaciones laborales y vínculos gubernamentales.

invertir en el extranjero directamente por no rentabilizarse las ventajas de propiedad por otras vías (licencias de patentes, franquicias) debido a costos de transacción.

Recordemos que los evolucionistas⁴² parten de que las firmas difieren entre ellas y que dichas diferencias importan pues afectan la competitividad intrafirma y extrafirma. Una de las diferencias que determinan el flujo de la IED son los procesos de aprendizaje y la acumulación de estos, ya que se requieren códigos comunes en la comunicación y procedimientos de coordinación en la búsqueda de soluciones tendientes a la homogenización y simplificación de procesos.

Otro aspecto que influyen en la IED es el surgimiento de grupos económicos (GE), ya que estos son actores claves en la transición de una empresa nacional a una internacional, en la hipótesis Bisang considera 6 razones en las que influyen los GE:

- **Administrativas:** al crecer la firma aparecen problemas de coordinación y asignación internos, superposición de funciones, estrés en las transferencias de información, etc. por lo que se hace necesario crear una firma encargada de gestionar cada función-actividad que responda a la agencia central o *holding*.
- **Organizacionales y de costos de transacción:** la firma enfrenta un dilema *producir o comprar* por lo que se puede optar por subcontratar, establecer filiales, llevar a cabo fusiones o cualquier otro mecanismo que lleve a la reducción de costos.
- **Escalas de producción:** basadas en un núcleo de planificación o *funciones corporativas*, constituyendo un elemento competitivo respecto a sus competidores que operan individualmente.
- **Integración horizontal y/o vertical:** en el primer caso se trata de conseguir participación del creciente mercado a través de la obtención parcial o total del capital de otras firmas; en el segundo caso el GE se especializa en una sola línea de productos controlando todo el proceso productivo mediante distintas empresas.
- **Tecnológicas o activos intangibles:** ya que el stock y calidad tecnológico es clave para la matriz que determina las posibilidades de expansión vía aprovechamiento de los spillovers tecnológicos; el GE buscara hacerse de tecnología ya sea comprando, fusionándose o creando empresas dedicadas exclusivamente a tareas de investigación y desarrollo científico-tecnológicas.
- **Jurídicas o regulatorias.**

La diversificación que ha llevado a la IED de los PED es signo de la búsqueda de beneficios y aparece como un rasgo de industrialización tardía debido, según Bisang, a asimetrías en el desarrollo de los distintos sectores; incompatibilidad del tamaño del mercado y especialización sectorial; y elevados niveles de riesgo asociados a inestabilidades político-económicas.

Al tomar la decisión de internacionalizar su producción, la firma puede explotar ventajas de propiedad en terceros mercados ya sea vía exportación, licenciamiento o infraestructura en países receptores; a estos hay que añadir los activos intangibles (conocimiento o habilidades) resultado de los procesos de aprendizaje.

Otro aspecto tomado en cuenta en la internacionalización de la firma son las ventajas derivadas de la localización como son la posesión, costo y calidad de recursos naturales y aquellos creados (know how tecnológico, recursos humanos, infraestructura, etc.).

⁴²Hacia 1966 Hufbauer demostraba que la innovación técnica puede explicar patrones del comercio internacional.

En cuanto a la clasificación, la IED se divide en cuatro tipos según sus motivaciones:

- Resource seeking: basadas en explotación de recursos naturales o mano de obra poco calificada.
- Market seeking: explotar mercado doméstico receptor.
- Efficiency seeking: buscan racionalizar la producción para explotar economías de especialización y de ámbito.
- Strategic asset seeking: su búsqueda de valor estratégico se basa en la adquisición de recursos y capacidades que incrementaran la competitividad a nivel regional y/o global.

Según la teoría del *sendero del desarrollo de las inversiones* la relación entre IED emitida y recibida se encuentra afectada directamente por el desarrollo económico experimentado, esta hipótesis reconoce cinco etapas:

1. A bajos niveles de ingreso la IED es escasa o nula.
2. Al incrementarse el ingreso y demanda doméstica, así como infraestructura y mejora en la calidad de la fuerza de trabajo la IED se ve incentivada.
3. En esta etapa puede suprimirse el incentivo generado en la 2ª debido a una política proteccionista orientada a crecimiento basada en el desarrollo endógeno o bien puede incrementar la IED a través de políticas liberales.
4. A medida que continúan desarrollándose pasan de ser economías receptoras a emisoras netas.
5. En esta etapa la empresa global toma el dominio y sigue su propia estrategia restando importancia a las características propias de cada país.

Finalmente, según Lall, la IED puede fortalecer la posición competitiva global de las firmas de un país ya que:

- Puede ser un vehículo para superar barreras arancelarias.
- Mejora en infraestructura y decremento de costos.
- Diversificación de productos.
- Explotación de recursos naturales a bajo costo.
- Penetración de mercados terceros aprovechando tratados internacionales del país destino.
- Desahogo a políticas contractivas del país origen.
- Acceso a información de industrias basadas en modas o gustos.
- Mejoras en la capacidad de negociación y acceso a la información que deriven en alianzas estratégicas.

En síntesis la IED se da por parte de los PED en un contexto de necesidades económicas, tecnológicas y en la búsqueda de una inserción en el mercado global que permita ofrecer a sus mercados endógenos un incremento en la calidad de vida, según la teoría ricardiana del comercio exterior. Por parte de los PD la IED sirve como instrumento para diversificar capitales y reducir costos evitando reglamentaciones locales como las referidas a las tasas de explotación de los recursos naturales, niveles de polución o condiciones laborales, explotando con ello las vulnerabilidades socioeconómicas de los PED, también ha servido como estrategia para ampliar mercados a través de la transculturalización con la imposición de estilos de vida.

b) CLÚSTER.

La teoría del clúster nace formalmente como un intento por analizar y explicar los factores que provocan el liderazgo de determinados países en actividades concretas, para ello Michael Porter desarrolla la *diamond theory*, en donde busca explicar cómo la competitividad nacional o la simple productividad nacional está determinada por la combinación de los factores de producción tales como: condición de factores⁴³, condiciones de la demanda; industrias relacionadas y de apoyo; estrategia, estructura de la empresa y rivalidad; el factor probabilístico (azar) y al gobierno⁴⁴ (ver cuadro 1.3).

Para la realización de este análisis macro Porter adopta el concepto de *clúster* el cual lo define como grupo de empresas concentradas en una determinada región geográfica y sector, que en su interacción generan capacidad de innovación y conocimiento especializado competitivo.⁴⁵

Dada la importancia de distinguir el concepto a diferentes niveles de agregación, Roelandt y Den Hertog propusieron una división de clúster (ver cuadro 1.4) según su magnitud, estos pueden ser macro, meso y micro.

En ese sentido, los clústers presentan diversas clases y subdivisiones (tecnológico, industrial, científico, financiero, etc.) por ejemplo puede encontrarse un clúster a nivel micro y meso específicamente científico en donde se identifica un grupo de instituciones orientadas a generar conocimiento novedoso en una línea de investigación específica, o bien encontrar grupos de empresas que se especializan en el desarrollo tecnológico para satisfacer alguna necesidad del mercado.

CUADRO 1.3 FACTORES QUE COMPONEN LA TEORÍA DEL DIAMANTE	
Factor	Consideraciones
Condiciones de la demanda	Es importante saber diferenciar las distintas demandas internas, de esta forma se observa al comprador más sofisticado de las economías domésticas, estando en este tipo de comprador las ventajas competitivas de una empresa. Ello no quiere decir que los segmentos menos sofisticados del mercado no sean importantes, sin embargo, la sofisticación del mercado es un vector para la generación de ventajas competitivas. Pues, generalmente, un consumidor más sofisticado percibe rentas más altas.
Industrias relacionadas y de apoyo	La complementariedad y nexos entre industrias son importantes en los propósitos de producir demandas cruzadas de productos. El rápido acceso a la información e innovaciones genera una acelerada aplicación de tecnologías logrando ventajas competitivas que puedan hacer frente a la competencia extranjera.
Estrategia, estructura y rivalidad	Aquí estudia la manera en cómo se crean, organizan y administran las empresas, y la forma en que rivalizan en un país determinado. Considera que un país será exitoso si las metas y motivaciones de las industrias estén en armonía con las fuentes de las ventajas competitivas. En tanto que la formación continua de nuevas empresas es vital para ascender en la ventaja competitiva ya que alimenta el proceso innovador de las industrias.
La probabilidad (azar)	Aquí solo se esboza de forma general como uno o más eventos externos a los determinantes hasta ahora mencionados pueden verse afectados ya sea por eventos

⁴³ Las condiciones de los factores se encuentran conformados por: recursos humanos, recursos físicos, conocimiento, capital e infraestructura. Todos ellos regidos por la cantidad, calidad, habilidad, costos, accesibilidad, acumulación, disponibilidad y organización.

⁴⁴ Porter considera que las ventajas comparativas son heredadas, mientras que las competitivas son creadas mediante el interés y sinergia que los distintos entes económicos logran en un determinado tiempo y lugar.

⁴⁵ Según Porter, en una visión explícitamente schumpeteriana, la competitividad de las empresas está determinada centralmente por su capacidad de innovación. Reconoce que las empresas pueden tener éxito competitivo solamente porque tienen acceso a ciertos recursos naturales que otros no tienen; o por tener costos laborales más bajos que la competencia; sin embargo, éstas son ventajas efímeras que dan una competitividad temporal y vulnerable. La ventaja competitiva duradera y sostenible radica en la capacidad de innovar; la implicancia es que debe haber algo en los clústers que estimula la innovación y soporta el éxito competitivo de un conjunto de empresas (Buitelaar; 2000).

Gobierno ⁴⁶	climatológicos, políticos, militares, etc. Es un determinante clave pues tiene influencia sobre los determinantes del diamante y debido a su poder de cohesión puede generar distorsiones en el mercado de forma positiva o negativa según sea la política que se imponga.
------------------------	---

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 1.4 NIVELES DE ANÁLISIS Y CONCEPTOS DE CLÚSTER			
Nivel de análisis	Concepto de clúster	Objeto de análisis	Ejemplo
Nacional – macro	Enlaces sectoriales en una estructura económica	Especialización comercial de una economía	El clúster minero en Chile y sus enlaces con el resto de la economía.
Sectorial – meso	Enlaces inter- e intraindustriales	Ventajas competitivas estratégicas	La minería de cobre en la segunda región de Chile y los servicios de ingeniería locales.
Empresarial – micro	Contactos empresariales	Planes de negocios y proyectos colaborativos	El grupo de empresas mineras en la segunda región de Chile que tomó la iniciativa de lanzar el proyecto del puerto de Mejillones

Fuente: tomado de Buitelaar; 2000.

Entendidos como redes colaborativas, el clúster incorpora los *linkages* o encadenamientos productivos según sean los enlaces en el sistema de valor (ver figura A 1.7).⁴⁷ Estos enlaces se producen cuando la actividad afecta al costo o eficiencia de otras, una buena coordinación derivara en una disminución de costos de transacción y promueve un mejor flujo de información entre los agentes, lo que resulta en un beneficio colectivo.

A medida que se integran más actores a la red y se establecen encadenamientos entre actores de diversos países, se originan las redes mundiales de producción las cuales son entendidas a través de sus relaciones y conectividad a otras entidades, el espacio y la distancia analizadas en términos de poder y sinergias.

Estas redes globales de producción captan el plano mundial, regional y local, así como de sus dimensiones económicas y sociales; otorga un grado de autonomía relativa a la nacional a firmas, gobiernos y otros agentes económicos. Es multiescalar pues va desde entes locales-regionales-nacionales-mundiales.

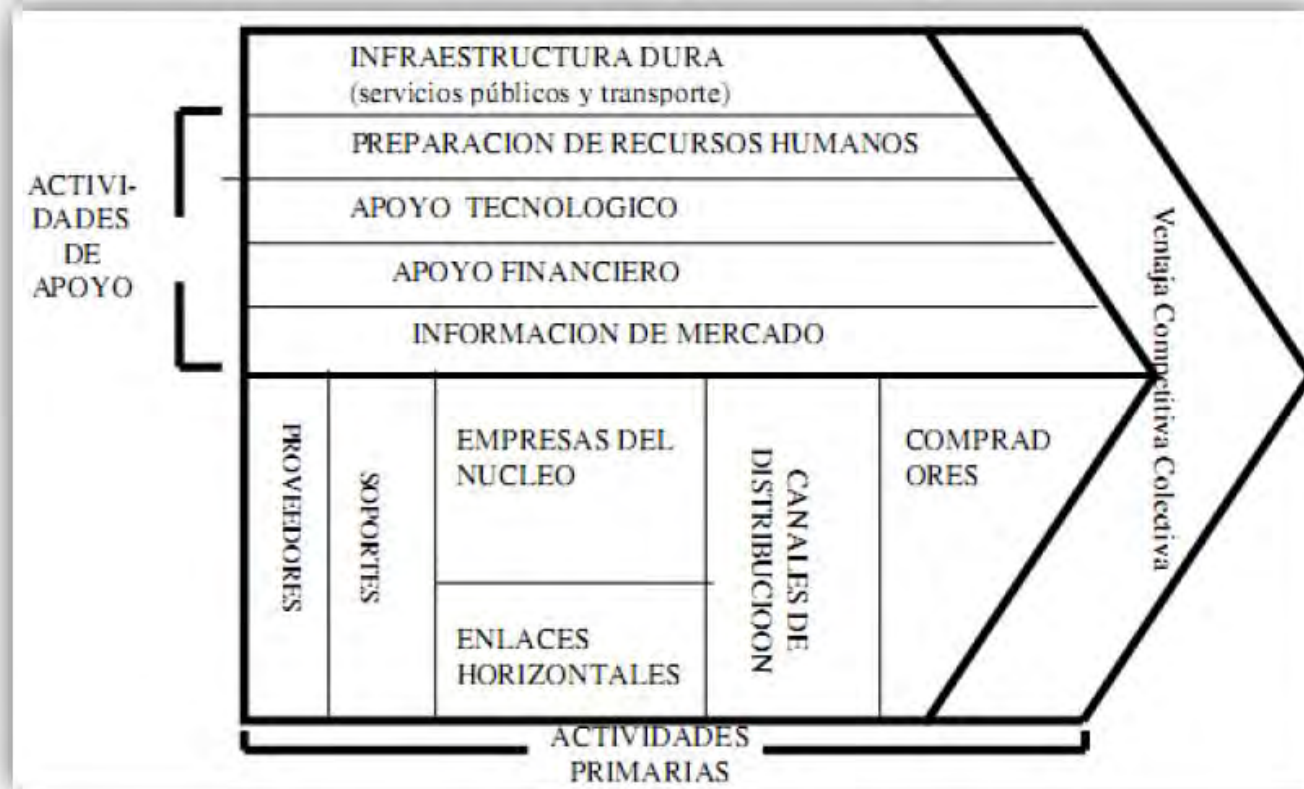
Las redes globales de producción dirigen su atención a:

- Redes de firmas que participan en la I&D, diseño, producción y comercialización.
- Distribución del poder empresarial (IED y GE).
- Repercusión de la mano de obra en los procesos de creación de valor y transferencia del mismo.
- Instituciones.

⁴⁶ Un aspecto importante que Porter no incorpora como una determinante de la ventaja competitiva al gobierno reconociendo que afecta indirectamente positiva o negativamente sobre los cuatro determinantes principales: la calidad de los recursos productivos, la rivalidad empresarial, el nivel de exigencias de los consumidores y la calidad del tejido productivo-institucional de apoyo a las empresas (Buitelaar, 2000).

⁴⁷ Porter denomina *sistema de valor* a aquel que incluye a los agentes que aportan insumos, los que cumplen con funciones de apoyo y a las empresas que configuran los canales de distribución.

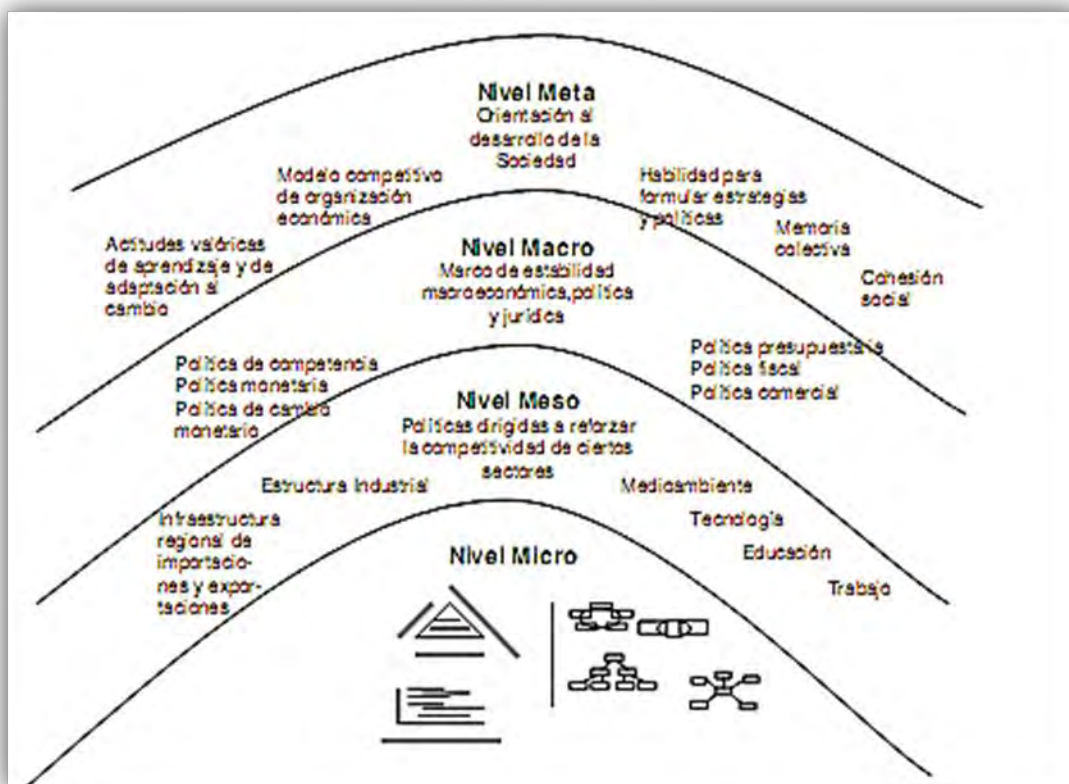
FIGURA A 1.7
EL SISTEMA DE VALOR EN UN CLÚSTER



Fuente: tomado de Buitelaar; 2000.

La finalidad de la conformación de estas redes es lograr una competitividad sistémica consolidada a través de los GE, al respecto Meyer-Stamer distingue cuatro niveles de análisis: micro, meso, macro y meta, distinguiéndose en cada nivel de análisis diferentes ventajas competitivas (ver figura 1.8).

FIGURA 1.8
DETERMINANTES DE LA COMPETITIVIDAD SISTÉMICA



Fuente: tomado de Buitelaar; 2000.

De esta forma podemos concluir que un clúster es una red colaborativa de actores (personas, empresas y/o instituciones públicas⁴⁸) que constituyen un sistema de valor; esta red puede conducir a desarrollar o ser partícipe de alguna de las redes globales de producción.

La posición en el mercado de estas redes se explica por la calidad y sofisticación de las ventajas competitivas resultado de los procesos de DCT, aprendizaje e implementación de innovaciones.

Es importante señalar que el estudio de cada clúster debe estar basado en un análisis histórico-evolutivo debido al hecho de que toda construcción de ventajas competitivas descansa en un proceso acumulativo de inversión y aprendizaje (Buitelaar; 2000).

Finalmente los clústers no se entienden sino en el contexto de sinergias: científico-tecnológicas, empresariales y/o gubernamentales; ello supone un incremento en las

⁴⁸ Cabe señalar que Buitelaar al igual que Dosi incorpora a las instituciones como un vector en la generación de empresas competitivas, que en el caso de Porter las incluye en el factor gobierno como agente inductor o represor en la generación de ventajas competitivas.

colaboraciones conjuntas enfocadas a desarrollar sistemas productivos con objetivos comunes, para lo cual se hace neurálgico políticas macro (económicas, sociales, científicas, tecnológicas, etc.) que busquen fomentar en el mediano y largo plazo la construcción de redes colaborativas dando prioridad a las necesidades del mercado endógeno (locales, nacionales o regionales).

c) CREACION DE CONOCIMIENTO EN LA FORMACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL.

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo la competitividad es un elemento esencial para las empresas y gobiernos en la búsqueda de beneficios económicos y sociales, las estrategias implementadas en la búsqueda de dicha competitividad determinara el grado de dependencia con el exterior y la posición que se ocupara en el mercado mundial.

En ese tenor, la competitividad basada en el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas es la que mayor importancia tiene, ya que a través de esta estrategia gobiernos y empresas aíslan a la competencia, satisfacen demanda interna y reducen su dependencia con el exterior otorgándoles una posición de liderazgo político-económico.

Es por ello que la producción de conocimiento⁴⁹ se ha convertido una fuente generadora de importantes ventajas competitivas, esto ha originado una nueva rama de la economía conocida como *economía del conocimiento* la cual busca comprender el valor de la generación e instrumentación del conocimiento en el desarrollo social y económico de las distintas naciones.

La producción y gestión del conocimiento⁵⁰ (GC) se ha convertido en un paradigma económico que ha incidido en la filosofía empresarial y que ha originado empresas basadas en conocimiento, estas empresas se caracterizan por:

- Una tendencia a incrementar la información del producto.
- Tener mayor capacidad para incorporar innovaciones.
- Implementar procesos de flexibilización en sus procesos productivos.
- Desarrollar especializaciones incrementales en equipos que brindan la posibilidad de llevar a cabo modificaciones rápidamente en su proceso productivo incrementando su competitividad.
- Poseen gran dinamismo en su tecnología.
- Incorporan nuevos esquemas organizativos que presentan conexiones, integraciones e interacciones constantes entre los grupos de trabajo.
- Perciben al recurso humano como la esencia de la competitividad y no como un instrumento más de trabajo.

El objetivo central que tienen estas empresas es la búsqueda de conocimiento con alto valor de mercado que conduzca a innovaciones incrementales y/o radicales; para ello integran selectivamente los negocios o actividades que potencien su base de capital

⁴⁹ El conocimiento no solo incluye información y datos sino, también, patrones culturales, modelos mentales, esquemas organizativos o *know how*.

⁵⁰ La OCDE define a la gestión del conocimiento como la gestión del capital intelectual de las competencias organizacionales y del capital humano disponible en una organización.

intelectual para producir el máximo de excedentes de margen de beneficio⁵¹ (ver figura 1.9).

FIGURA 1.9
CADENA DE VALOR EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS INTANGIBLES

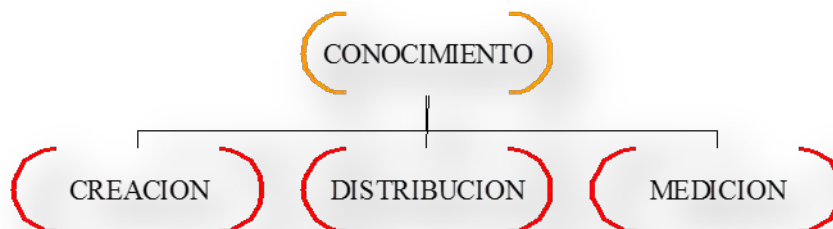


Fuente: elaboración propia.

En ese sentido, la GC se hace neurálgica ya que buscan a través de ella la mejora simultánea de la productividad y la competitividad, constituyéndose como una ventaja competitiva sostenible y difícil de imitar.

El modelo general de la GC (ver figura 1.10) comprende la creación, distribución y medición del conocimiento.

FIGURA 1.10
MODELO GENERAL DE LA GC



Fuente: elaboración propia.

La creación se refiere a la creatividad, capacidad para innovar y desarrollar nuevos productos y servicios; dicha creación guarda una relación estrecha con el aprendizaje organizativo e innovación; al corporativizarse el conocimiento, el aprendizaje organizativo, técnicas de colaboración y trabajo en equipo son formulas y procesos de trabajo que favorecen la creación de conocimiento.

Según Nonaka, Kazuo y Kogre esta creación pasa por 5 fases:

- Compartir conocimiento tácito (alto grado de dificultad).

⁵¹ Al respecto Porter comenta que la estrategia comprende un conjunto de acciones ofensivas o defensivas de la empresa para posicionarse, influir y/o anticiparse al mercado con el fin de crear y desarrollar ventajas competitivas de largo plazo.

- Creación de conceptos.
- Justificación de conceptos.
- Elaboración de prototipo o maqueta.
- Cruzar niveles distintos de conocimiento.

Respecto a la distribución, esta se entiende como un conjunto de subprocesos que permiten optimizar y extender los flujos de conocimiento en las organizaciones, evitando al máximo posibles fugas de conocimiento e islas informacionales; sus facilitadores son la tecnología, personas y la cultura corporativa.

La distribución es la sinapsis del modelo por lo que el éxito de las empresas basadas en conocimiento se fundamenta en eficiencia de la comunicación entre los actores, por ello es necesario promover el trabajo en equipo y crear espacios de aprendizaje social a través de políticas de RH innovadoras (programas de incentivos, de desarrollo profesional y trato individualizado) que generen sinergias entre los distintos integrantes de la organización y que los incentive a compartir y difundir el conocimiento.

La medición del conocimiento es esencial ya que es la única manera de gestionar y mejora al determinar las trayectorias adecuadas. Esta medición se hace a través de la elaboración de índices particulares que permiten a los directivos tomar decisiones sobre las políticas a seguir.

En resumen, cualquier modelo de GC debe tener en cuenta las siguientes cuestiones básicas:

- El conocimiento es humano y lo forman redes de personas.
- El conocimiento es tácito por lo que el know how, las percepciones y emociones de los actores son factores clave.
- Se deben promover entornos de colaboración y aprendizaje.
- Evitar el aislamiento informacional.
- Actualizar el conocimiento constantemente.

Algunos de los modelos más destacados que se engloban dentro de la GC son:

- **Dow Chemical:** El interés de la empresa viene dado por la necesidad de gestión de sus activos intangibles. De este modo, tiene una metodología para la catalogación y gestión de sus patentes que va progresivamente extendiendo a la gestión de otros activos intangibles de la empresa.
- **Brooking:** El modelo se basa en la revisión de una lista de cuestiones cualitativas. Incide en la necesidad de desarrollar una metodología para auditar la información relacionada con el capital intelectual. Los activos intangibles se clasifican en cuatro categorías, que constituyen el capital intelectual: Activos de mercado, Activos humanos, Activos de propiedad intelectual, Activos de infraestructuras.
- **Intelect:** Es una metodología para la clasificación, valoración y gestión de la cartera de patentes de la empresa, como primer paso, que se extiende a la medición y gestión de otros activos intangibles de la empresa -de alto impacto en los resultados financieros. El modelo interfecta las formas de capital para generar valor a la empresa. La estructura del capital intelectual estaría formado por el capital humano, el capital organizacional y las capacidades de la organización para codificar y usar el conocimiento –incluye la cultura, las normas y los valores- y el capital cliente.

CAPÍTULO II
BIOTECNOLOGÍA.

"Una idea sólo vale cuando aparece quien tenga la energía y la habilidad para hacerla fructificar."

- William Feather.

II. BIOTECNOLOGÍA.

Actualmente se considera a la biotecnología, a lado de las tecnologías de la información y nuevos materiales, como uno de los principales motores del cambio económico, es decir, es uno de los paradigmas tecnológicos emergentes que habrán de regir las nuevas industrias y transformar a las provenientes de las revoluciones tecnológicas previas.

El objetivo del presente capítulo es presentar un panorama general de la biotecnología buscando con ello identificar los aspectos más importantes tales como las cuestiones históricas, técnicas, de aplicación, éticas y económicas que se relacionan con esta tecnología y que, lamentablemente, en pocos trabajos se reúnen.

A. CONCEPTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES.

1. DEFINICIÓN.

La biotecnología es una disciplina basada en la utilización y transformación de organismos con el fin de obtener productos útiles para el hombre. Se constituye por un conjunto de técnicas que permiten el manejo de los seres vivos y de sus componentes, buscando crear nuevas industrias remplazando los procesos químicos o mecánicos existentes.

El perfil holístico le confiere a la biotecnología la característica de ser multidisciplinaria en su creación, regulación y dirección, campos científicos como: la genética; la biología molecular; la bioquímica; las ingenierías química y de materiales; la biofísica y biomatemática; el derecho o la economía intervienen en su desarrollo y éxito.⁵²

En adelante entenderemos por biotecnología a la *aplicación de un conjunto de conocimientos científicos a los organismos y sus componentes, ya sea utilizándolos sin modificación alguna, modificándolos o aislando alguno de sus elementos, con el objetivo de utilizarlos para el desarrollo de productos o como solución a problemas que los individuos enfrentan en el medio ambiente en el cual se desarrollan.*

2. ANTECEDENTES.

Desde su aplicación empírica hace aproximadamente 6000 años A.E. la biotecnología ha representado una herramienta esencial en el progreso de las diversas civilizaciones (ver cuadro 2.1), su empleo contribuyó en la adopción del modo sedentario de vida que el desarrollo de la agricultura originó.

La cronología de su aplicación empírica y el posterior desarrollo científico de esta tecnología se ha dividido en tres periodos según lo establecido por Pierre Douzou⁵³ los cuales se clasifican en: etapa primitiva, etapa moderna y etapa vanguardista (ver cuadro 2.2); a los primeros dos periodos corresponde la biotecnología tradicional en la cual se emplean los organismos sin ser modificados en su forma estructural, a la tercera etapa corresponde la Biotecnología Moderna (BM) o biotecnología basada en ADN recombinante (ADNr) en la cual se llevan a cabo modificaciones a nivel estructural del organismo (ingeniería genética y biología molecular).

⁵² La Federación Europea de Biotecnología considera que "La biotecnología hace posible, a través de la aplicación integral de los conocimientos y técnicas de la bioquímica, microbiología, genética e ingeniería química, el logro de beneficios a nivel tecnológico, a través de las propiedades y capacidades de los microorganismos y cultivos celulares".

⁵³ Pierre Douzou; Las biotecnologías; México: Fondo de Cultura Económica, 1986.

CUADRO 2.1 EMPLEO DE LA BIOTECNOLOGÍA POR CIVILIZACIONES ANTIGUAS	
Civilización	Empleo
Sumeria 6000 A.E.	Producción de una bebida alcohólica a partir de cebada y emmer o cereal denominada bisurra similar a la cerveza.
Sumeria, China y Egipto. 4000–2000 A.E.	Fermentación del vino y producción de queso.
Babilonia. 500 A.E.	Controlan la producción de palmera por polinización selectiva.
China. 100 A.E.	Empleo del primer antibiótico utilizando cuajada de soja mohosa para tratar forúnculos.
China. 1322	Primer insecticida consistente en polvo de crisantemos.
Arabia. 1590–1608	Primer inseminación artificial utilizada para producir caballos superiores.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 2.2 CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO BIOTECNOLÓGICO	
Etapa primaria. 10000 A.E. – siglo XIIIIV	Se refiere a las prácticas empíricas de selección de plantas y animales así como de las distintas cruzas que se hacían con el objetivo de obtener mejoras en la especie, la producción de bebidas alcohólicas y productos alimenticios (pan) sirviéndose de procesos fermentativos
Etapa moderna. Siglo XIX – XX	Da inicio con el desarrollo de las ciencias y su aplicación a los sistemas naturales para su estudio y explotación, en particular el desarrollo de la bioquímica (Payen), la genética (Mendel), la catálisis (Berzelius), la enzimología (Kühne), la microbiología (Pasteur), la cinética (Michaelis y Menten), entre otros, dieron origen a una revolución científica en el campo de la biología y sentaron las bases para la construcción de una industria basada en el desarrollo biotecnológico como lo es la industria farmacéutica.
Etapa vanguardista. Siglo XX – XXI	Se origina a partir del descubrimiento de la doble hélice (Watson y Crick) y el consecuente desarrollo de la ingeniería genética basada en ADNr, técnicas de secuenciación y el hibridomna creado por Milstein y Kholer.

Fuente: Elaboración propia.

Gracias a la revolución científica y los desarrollos tecnológicos del siglo XVI y hasta mediados del siglo XX (ver cuadro 2.3) el ser humano pudo emplear una biotecnología que excediera los límites impuestos por la naturaleza, ello implicó la *modificación controlada* en la estructura de los organismos con fines específicos.

La aplicación industrial de la biotecnología tuvo su origen fue en EUA en 1923 cuando la farmacéutica Pfizer comenzó a producir ácido cítrico a través de procesos fermentativos con base en el hongo *Aspergillus Niger*.

Al iniciarse la segunda Guerra Mundial el incremento en la demanda de penicilina originó que compañías como Merck y Squibb comenzaran a experimentar con diversos organismos con el objetivo de obtener una mayor producción, ello tuvo como resultado la multiplicación de 200 veces la producción original gracias al empleo de técnicas biotecnológicas de aquella época.

1590 - 1608: Invención del microscopio por Zacarías Janssen y Hans Jansen

1663: Robert Hooke descubre la existencia de la célula.

1675: Anton van Leeuwenhoek descubre a las bacterias.

1830: Se descubren las proteínas.

1835 - 55: Mathias Schleiden y Theodor Schwann proponen que todos los organismos están compuestos por células, y el patólogo alemán Rudolf Virchow declara, "cada célula surge de otra"

1857: Louis Pasteur establece que los microbios causan fermentación.

1859: Charles Darwin publica la teoría de la evolución por selección natural.

1865: Gregor Mendel establece las leyes de la herencia.

1870 - 1890: William James Beal produce un híbrido experimental de maíz en laboratorio.

1877: Robert Koch desarrolla una técnica para marcar e identificar bacterias.

1879: Walther Flemming, fundador de la Citogenética, descubre la cromatina, estructura dentro del núcleo celular que más tarde llegó a llamarse cromosomas.

1897: Eduard Buchner descubre que un tipo de proteínas (enzimas) son responsables de la conversión del azúcar en alcohol.

1906: Se introduce el término genética.

1915: Se descubren los Fagos o virus bacterianos.

1919: Karl Ereky utiliza por primera vez la palabra biotecnología.

1930: EUA promulga una Ley de patentes de plantas, que permite a los productos de fitomejoramiento ser patentados.

1928: Alexander Fleming descubre la penicilina.

1938: Friedrich Laibach utiliza embrión rescate para obtener híbridos resultados del entrecruzamiento de plantas, conocido hoy en día como hibridación.

1942: El microscopio electrónico es utilizado para identificar y caracterizar un bacteriófago.

1944: Oswald Avery descubre que el ADN lleva información genética.

1945: El maíz híbrido es utilizado en un 78% de las áreas cultivables en EUA.

1946: Se descubre que el material genético de diferentes virus puede combinarse para formar un nuevo tipo de virus, un ejemplo de recombinación genética.

1949: Linus Pauling demuestra que la anemia drepanocítica es una "enfermedad molecular" resultante de una mutación en la proteína de la molécula de la hemoglobina.

1953: James Watson y Francis Crick describen la estructura doble hélice de la molécula de ADN.

1956: Arthur Kornberg descubre la enzima ADN polimerasa I, que conduce a la comprensión de cómo se replica ADN.

1960: Se crean las moléculas de ADN-ARN híbrido, se descubre ARN mensajero.

1963: Norman Borlaug crea nuevas variedades de trigo que tienen un incremento en un 70% de la producción.

1965: Henry Harris y John Watkins fusionan con éxito células humanas con las del ratón.

1965: Robert Holley leyó por primera vez la información total de un gen de levadura compuesta por 77 bases.

1966: Se describe el código genético que demuestra que una secuencia de tres bases de nucleótidos (un codón) determina cada uno de los 20 aminoácidos ácidos (dos aminoácidos más se han descubierto desde entonces).

1969: Se sintetiza por primera vez *in vitro* una enzima.

1970: Científicos descubren las enzimas de restricción que cortan y empalman el material genético, abriendo el camino para la clonación de genes.

1972: Paul Berg publica los resultados de las primeras moléculas de ADN que combinan genes de diferentes organismos.

1973: Stanley Cohen y Herbert Boyer desarrollan técnicas para cortar y pegar (mediante las enzimas de restricción Ligasas) y reproducir el ADN nuevo en bacterias.

1975: Se producen anticuerpos monoclonales.

1976: Se utilizan las herramientas de ADNr en un trastorno hereditario humano.
Se utiliza la Hibridación Molecular para el diagnóstico prenatal de la talasemia alfa.
Primeras directrices para los experimentos de ADN recombinante publicados:
National Institutes of Health, EUA.

1977: Genes humanos son expresados por primera vez en bacterias.

1978: Se produce la insulina humana.
Científicos demuestran que es posible introducir mutaciones en sitios específicos en una molécula de ADN.

1979: Se sintetiza la hormona del crecimiento humano.

1980: La Corte Suprema de Estados Unidos, en el histórico caso Diamond vs Chakrabarty, aprueba el patentamiento de organismos que permiten a la compañía petrolera Exxon patentar un aceite comestible obtenido a partir de un microorganismo.

1981: Científicos de la Universidad de Ohio producen los primeros animales transgénicos mediante la transferencia de genes de otros animales en ratones.

1982: Se desarrolla la primera vacuna de ADNr para el ganado.
La Food and Drugs Administration (FDA) aprueba la insulina humana producida en bacterias modificadas genéticamente desarrollado por Genentech y Eli Lilly.

1983: Kary Mullis inventa la técnica de PCR que se utiliza para hacer copias ilimitadas de genes y fragmentos de genes, más tarde se convierte en la principal herramienta en la investigación y el desarrollo de productos biotecnológicos.
Se sintetiza primer cromosoma artificial.
Se encuentran los primeros marcadores genéticos para enfermedades hereditarias específicas.

1984: Es secuenciado el genoma completo del virus de inmunodeficiencia humana (VIH).

1985: Se encuentran los marcadores genéticos de la enfermedad renal y la fibrosis quística.
Se introduce la huella genética como pruebas en un tribunal.
Crean primera planta transgénica resistentes a insectos, virus y bacterias.
El National Institutes of Health aprueba las directrices para realizar terapia génica experimental en seres humanos.

1986: Se aprueba la primera vacuna basada en ADNr para los seres humanos con el objetivo de reducir el contagio de hepatitis B.
El Interferón se convierte en el primer medicamento contra el cáncer producido a través de biotecnología.
Científicos del Instituto Scripps y en la Universidad de California describen cómo combinar anticuerpos y enzimas.
Se realizan las primeras pruebas de campo de plantas transgénicas (tabaco).
Agencia de protección del medio ambiente (EUA) aprueba la liberación del primer cultivo transgénico: plantas de tabaco con un gen alterado.
Se lleva a cabo el primer trabajo de biorremediación al utilizar microbios para limpiar un derrame de petróleo.

1988: Genetistas moleculares de Harvard se adjudicaron la primera patente en EUA para un animal modificado genéticamente (ratón transgénico).
Tribunales en los Estados Unidos y el Reino Unido ofrecen la primera condena asesinato basada en pruebas de ADN.

1989: Comienza el proyecto del genoma de plantas.
Se utilizan las técnicas de ADN para determinar la historia evolutiva.

1990: Comienza el proyecto del genoma humano: un esfuerzo internacional para secuenciar todos los genes en el cuerpo humano.
Se realiza el tratamiento de terapia génica experimental correctamente en una niña de 4 años de edad que sufren un trastorno.
Primera vaca lechera transgénica es utilizada para producir leche humana.

1996: Al secuenciarse el genoma del *Methanococcus jannaschii* se confirma que existe una tercera rama principal de la vida en la tierra, junto con bacterias y eucariotas (hongos, protozoos, plantas y animales), denominada Archaea.

1997: Se clona el primer animal de una célula adulta: la oveja Dolly.
Asciende a 2,023,400 hectáreas los cultivos biotecnológicos comerciales en todo el mundo (Argentina, Australia, Canadá, China, México y Estados Unidos).

1998: Se establecen las líneas de células madre embrionaria humanas.

1999: El Reino Unido Wellcome Trust une fuerzas con 10 grandes farmacéuticas para crear el consorcio SNP, cuyo objetivo es encontrar y asignar 300,000 polimorfismos de nucleótido común (SNP) en el genoma humano.
Jessie Gelsinger es sometida al mayor escrutinio de la tecnología debido a una muerte relacionada en un experimento de terapia genética humana.

2000: Se presenta el resultado del primer genoma humano totalmente secuenciado.
Se logra el primer mapa genómico completo del genoma de una planta: *Arabidopsis thaliana*.
Ascienden a 108.9 millones de acres los cultivos biotecnológicos en 13 países.

2002: El proyecto del genoma de arroz se haya completado, marcando la primera secuencia del genoma de la principal fuente de alimentación a nivel global.
Es publicada la versión del proyecto del mapa completado del genoma humano.
Se descubre que pequeños fragmentos de ARN intervienen en el control de diversas funciones de la

célula.

2003: Una especie en peligro de extinción (el banteng) se clona por primera vez.

2005: Investigadores de la Universidad de Georgia tienen éxito al producir una clona a partir de las células de un cadáver de vaca.

Se comercializan primeras enzimas para la producción de etanol (frío) de baja energía produciendo 4 mil millones de galones por año.

2007: Investigadores en la Universidad de Wisconsin, Madison y Kioto anuncian el éxito de la reprogramación de células para crear células indistinguibles a partir de células madre embrionarias. Investigadores de Taiwán desarrollan un eucalipto que ingiere hasta tres veces más dióxido de carbono que el convencional.

2008: Se completa la secuencia de genoma de maíz, es el tercer genoma de planta en completarse, después de la Arabidopsis y arroz.

El Dr. Craig Venter y su equipo reproducen la estructura genética de una bacteria en su totalidad a partir de sustancias químicas de laboratorio, con lo que se da un paso más hacia la creación del primer organismo artificial vivo del mundo.

Fuente: Elaboración propia.

Estas experiencias condujeron a intensificar la I&D en el campo de la biología cuyo mayor éxito se dio en 1953 cuando James Watson y Francis Crick describieron la estructura de doble hélice de la molécula de ADN. Este hecho condujo a la formación de un nuevo paradigma biotecnológico basado en la manipulación genética de los organismos.

Al igual que en la aplicación industrial, el paradigma biotecnológico se orientó principalmente a la producción de sustancias de importancia para la salud humana, esto llevó a que en 1973 Stanley Cohen de la Universidad de Stanford y Herbert Boyer de la Universidad de California, San Francisco, EUA, logran introducir en una bacteria un gene sintético y conseguir que éste fuese reconocido por la bacteria sintetizando hormona humana.

Este experimento dio inicio a la primera firma de base biotecnológica Genetech⁵⁴ fundada por Cohen y Boyer que presentó como primer éxito innovador la síntesis de insulina humana en células bacterianas por técnicas de recombinación génica a finales de la década de los 70's.⁵⁵

Fue así que las técnicas de ADNr iniciaron una revolución tecnológica que centró su atención en la salud humana, áreas como la inmunología⁵⁶ fueron las primeras en beneficiarse de estas técnicas cuando en 1975 se logró la producción de interferones⁵⁷.

Para la década de los 80's la transferencia de genes entre organismos con la finalidad de incorporar características adicionales que beneficiaban al organismo receptor era ya una práctica común en la investigación experimental, tal fue el caso de la transferencia de una endotoxina bacteriana hacia una planta con el fin de hacerla resistente a insectos lográndose la transferencia de información génica entre especies en forma dirigida.

Es importante señalar que hasta la década de los 80's los conflictos y costos de estos desarrollos tecnológicos eran muy altos debido a la dificultad de obtener segmentos de

⁵⁴ Otras compañías fundadas a partir de la revolución biotecnológica fueron: Biogen, Cetus, Centocor, en EUA; Kyowa Hakko, Mitsubishi Chemical y Toray Ind., en Japón; Transgene, Genetica, G3 e Inmunotech, en Francia; y Celltech e ICI, en Reino Unido.

⁵⁵ Este desarrollo se convirtió en el primer medicamento biotecnológico aprobado por la FDA, EUA, en 1982.

⁵⁶ Para la década de los 70's se obtuvieron los anticuerpos monoclonales los cuales tuvieron su aplicación en la medicina enfocada a la inmunización pasiva en el combate de enfermedades como el cáncer. También es en esta década cuando compañías japonesas y americanas iniciaron la introducción de estas tecnologías en la industria alimenticia enriqueciendo con fructuosa a los jarabes de glucosa a través de la *glucosaisomerasa* una enzima que produce fructuosa a partir de la glucosa.

⁵⁷ La importancia de los interferones radica en ser la primera respuesta de defensa que el cuerpo presenta ante un ataque viral.

ADN de interés; sin embargo, gracias al desarrollo de la técnica conocida como *polymerase chain reaction* (PCR) por parte del estadounidense Kary Mullis⁵⁸ se logró obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular, con ello y los adelantos en la informática se consiguieron reducir los costos acelerándose el avance en la ingeniería genética⁵⁹

Al comprender la importancia que representaba el conocimiento contenido en la información genética y su relación con la salud humana el gobierno de EUA fundó en 1990 el proyecto Genoma Humano con un presupuesto de \$90 millones de dólares, el proyecto de investigación más ambicioso y estratégico que EUA tendría durante la década de los 90's.

Durante esta década la BM se intensificó en una multiplicidad de campos científicos dando origen a la aplicación de la terapia génica, la clonación y la introducción masiva de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), incluso permitió la clasificación de una tercera rama principal de la vida en la tierra, junto con procariotas (bacterias) y eucariotas (hongos, protozoos, plantas y animales), denominada *Archaea*. También fue en esta década cuando se amplió su regulación y los compromisos éticos que debían tenerse al respecto.

En la primera década del siglo XXI la BM ha preservado su interés principal en la salud humana enfocándose al desarrollo de la tecnología de reprogramación celular y la terapia génica; se ha visto en esta tecnología una solución a los problemas medioambientales que el proceso económico y el crecimiento demográfico han creado a través de la biorremediación; se le ha encomendado la seguridad alimentaria de la población con la introducción de cultivos transgénicos que presenten una mayor resistencia a plagas, condiciones climáticas cada vez más inestables y orografías que de forma natural no son aptas para el cultivo; e incluso ha servido para preservar especies en vías de extinción gracias a las técnicas de clonación.

México incursionó en el campo biotecnológico en la década de los 80's pues se consideraba que los productos y procesos biotecnológicos de nueva generación, permitirían al país avanzar en numerosos sectores industriales y sobre todo que podría ser un actor importante en términos de su desarrollo y orientación futura, para lo cual en 1985 se fundó el proyecto denominado "*Prospectiva de la Biotecnología en México*", en el que se planteó lo que podría ser el futuro de esta disciplina (González y Quintero; 2008).

Durante esta década las industrias que incorporaban la biotecnología eran aquellas dedicadas a la alimentación, química y farmacéutica, mas sus aplicaciones de técnicas modernas eran reducidas y de gran dependencia tecnológica con lo que se reforzaba la importación, transferencia y adaptación de la tecnología extranjera.

Este escenario lamentablemente no ha cambiado, aun con aportes como el vehículo molecular *pBR322* desarrollado por el Dr. Francisco Bolívar, el proceso conocido como *Biofermel* o el biocatalizador de penicilino-amidasa y teniendo en cuenta que es precisamente el campo biotecnológico el que más patentes produce en los indicadores nacionales; el desarrollo biotecnológico en México ha sido marginal, estamos lejos de

⁵⁸ Por esta invención recibió el Premio Nobel de Química en 1993, compartido con el canadiense Michael Smith. Mullis recibió de su compañía, Cetus, una recompensa de 10.000 dólares por la invención de esta técnica. Cetus vendió por 300.000.000 de dólares la patente a Roche Molecular Systems, sección de la farmacéutica Hoffmann-La Roche.

⁵⁹ Las oportunidades que se observaron en la BM desencadenaron una serie de desarrollos científicos como la producción de proteínas recombinantes en células animales, la terapia génica, plantas transgénicas, selección de embriones, etc.

presentar las tasas de desarrollo tecnológico que presentan países desarrollados como EUA que en 2009 representaba el 42.67% de las patentes solicitadas por tecnología según el informe de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

Esto se debe en gran medida a la ausencia de políticas tecnológicas de mediano y largo plazo con objetivos bien definidos; aversión al riesgo por parte de la industria y una cultura universitaria que no ha fomentado la generación de start up's por parte de la academia.⁶⁰

3. ASPECTOS TEÓRICOS GENERALES.

La biotecnología, al igual que cualquier tecnología, presenta aspectos técnicos cuya comprensión es esencial para las expectativas económicas que se tengan de ella. Estos aspectos parten del entendimiento de los organismos a nivel celular y molecular, por lo cual, los agentes implicados en el desarrollo biotecnológico buscan en primera instancia entender los procesos relacionados con el ciclo celular: crecimiento, replicación del material genético, división y apoptosis (muerte celular).

Al contar con este conocimiento se puede estar en condiciones de entender la causa de enfermedades, incrementar la productividad de alguna planta o fabricar cualquier otro producto útil para el hombre y su proceso económico sustentable.

a) CONCEPTUALIZACIÓN GENERAL.

Gracias al DCT realizados durante el siglo XX hoy sabemos que la información necesaria para que los organismos puedan realizar sus funciones biológicas está contenida en los genes; su papel es determinante en relación al fenotipo⁶¹ que expresan los organismos.

La importancia de la genómica en el desarrollo biotecnológico se debe a que a nivel molecular los distintos organismos guardamos gran semejanza (todos los organismos tienen como base de su información genética contenida en el ADN⁶² los mismos 4 nucleótidos: adenina, citosina, timina y guanina), gracias a ello podemos transferir genes de un organismo a otro aun si no son de la misma especie, clase o reino.

Existen distintas características dentro de la genética que nos han permitido la revolución biotecnológica iniciada a mediados del siglo XX; sin embargo, la mayor importancia reside en dos características primordiales:

- **Complementariedad de bases:** afinidad química entre los nucleótidos (adenina-timina y citosina-guanina) componentes esenciales del ADN.⁶³
- **Capacidad de hibridación:** propiedad de los ácidos nucleicos (ADN & ARN) que al ser separados consiguen reasociarse con cualquier otra molécula cuyas secuencias sean complementarias.

⁶⁰ En palabras de Rodolfo Quintero “[...] la biotecnología mexicana no evoluciona, no cambia su forma de pensar y de enfocarse, si no selecciona sus proyectos de investigación con más atención al mercado y a los usos, entonces seguiremos siendo un país en América Latina importante y quizás líder en algunas áreas de investigación, grandes formadores de profesionales con posgrado, pero también seremos un importador neto de productos biotecnológicos y seguiremos dependiendo del uso de patentes extranjeras [...] No se trata de un problema de recursos o de carencia de infraestructura, se trata de un problema de organización y de orientación hacia lo que queremos ser y nos conviene” (González y Quintero; 2008).

⁶¹ Es importante señalar que el Fenotipo puede cambiar durante toda la vida del organismo, en tanto que su genotipo no lo hará salvo que este se vea afectado por un proceso mutagénico somático o germinal, en este segundo caso existe la probabilidad de transmitir la mutación a la descendencia.

⁶² Existen algunos organismos cuyo material genético no se encuentra en el ADN como los virus ARN, pero aun así estos poseen los mismos nucleótidos.

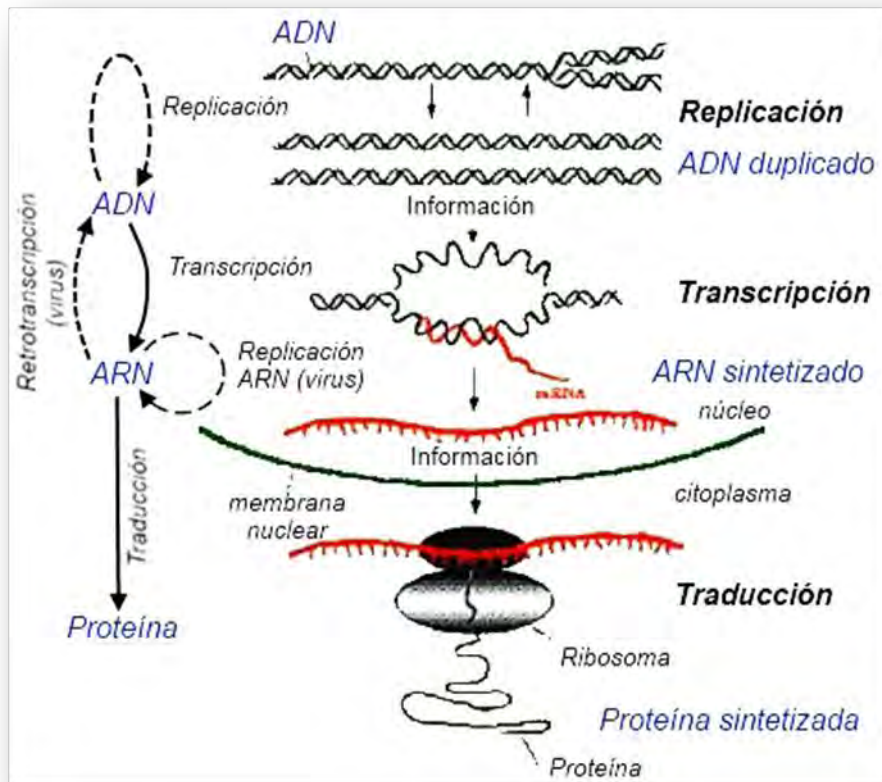
⁶³ En el caso del ARN se sustituye la timina por uracilo.

Debido a estas dos características se dice que el código genético posee *universalidad*, ya que puede tomarse un gen de cualquier especie e insertarlo en el ADN de otra y que la célula de la especie receptora sintetice la proteína del gen transferido, sin esta capacidad los OGM no serían posibles.

Tanto en la naturaleza como en la BM los genes y las proteínas tienen gran interdependencia ya que, por una parte los genes representan el código de los aminoácidos componentes estructurales de las proteínas, por otra son necesarias distintas proteínas (ligasa, transcriptasa, polimerasa, endonucleasa, etc.) para que se lleve al cabo la replicación, transcripción y traducción del material genético.

El proceso en que fluye la información genética, en general, es el mismo para todos los organismos (ver figura 2.1), al conocer los sitios y tiempos en los que sucede podemos comprender mejor la forma en que funciona el organismo de forma natural e identificar como modificarlo para nuestro beneficio.

FIGURA 2.1
FLUJO DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA



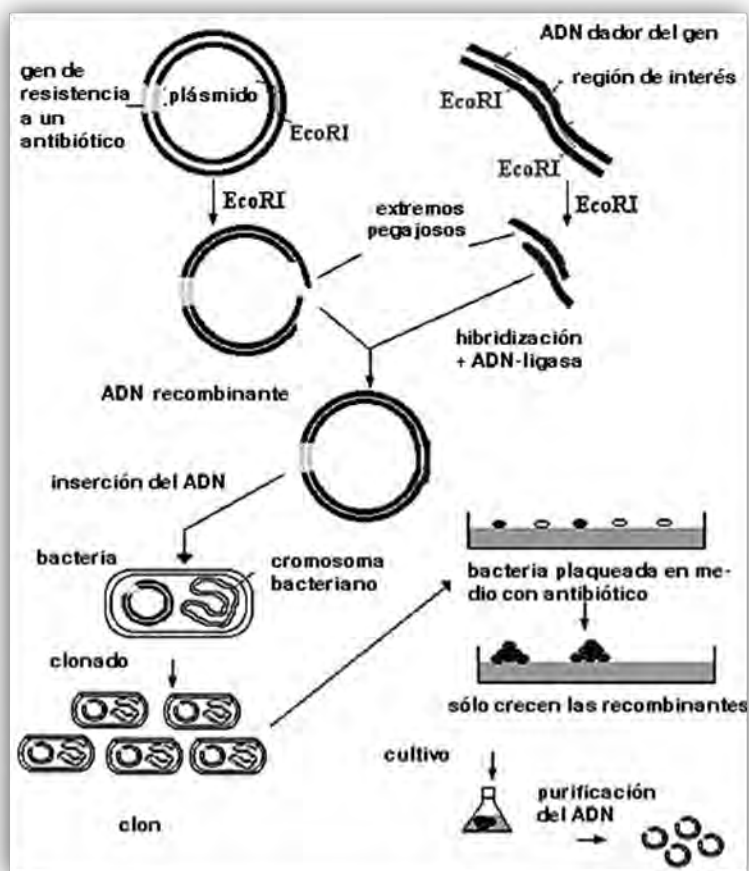
Fuente: tomado de <http://b-log-ia20.blogspot.com/2010/03/el-adn-molecula-portadora-de-la.html>; 2011.

b) TÉCNICA DE ADN⁶⁴

Como ya hemos mencionado la BM se basa en la modificación de los organismos haciendo uso de la técnica de ADN^r que presenta, en general, seis fases (ver figura 2.2) una vez conocida la secuencia exacta (orden de las bases) del gene de interés:

1. Obtención de fragmentos específicos de ADN mediante la utilización de enzimas de restricción (nucleasas).
2. Amplificación de fragmentos obtenidos (obtención de un gran número de copias de la misma secuencia).
3. Ligación o reasociación covalente de las moléculas para obtener hebras continuas de ADN empleando la enzima ligasa.
4. Introducción del ADN^r en la célula huésped utilizando un vector o vehículo molecular (transformación o transducción).
5. Clonación/expresión de la proteína, al replicarse las células huésped, las células descendientes heredan el ADN recombinante, creándose una población de células idénticas.
6. Obtención de la proteína de interés (purificación).

FIGURA 2.2
FASES DE LA TECNOLOGIA DE ADN^r



Fuente: tomado de E. Coto, 2007.

⁶⁴ La tecnología del DNA recombinante utiliza técnicas que provienen de la bioquímica de los ácidos nucleicos unidas a metodologías genéricas desarrolladas originalmente para la investigación de bacterias y de virus.

4. CATEGORÍAS BÁSICAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICAS DE LA BIOTECNOLOGÍA.

Actualmente la biotecnología de acuerdo a la metodología de la OCDE se ha dividido en siete categorías (trayectorias tecnológicas) básicas según las técnicas que emplea⁶⁵:

1. **ADN/ARN:** genómica, farmacogenómica, sondas genéticas, la ingeniería genética, secuenciación/síntesis/amplificación del ADN/ARN, perfiles de expresión génica, y el uso de la tecnología antisentido.
2. **Proteínas y otras moléculas:** secuenciación/síntesis/ingeniería de proteínas y péptidos (incluyendo las hormonas o moléculas de gran tamaño), los métodos para mejorar la prestación de fármacos de moléculas grandes, la proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, señalización e identificación de los receptores de la célula.
3. **Cultivo e ingeniería de células y tejidos:** Celular/cultivo de tejidos, ingeniería de tejidos (incluidos los andamios de tejidos e ingeniería biomédica), la fusión celular, vacunas/estimulantes inmunes, manipulación de embriones.
4. **Biotecnología de procesos:** biorreactores de fermentación, bioprocesos, biolixiviación, biopulping (fabricación de pulpa), bioblanqueado, biodesulfurización, biorremediación, biofiltración y fitorremediación.
5. **Vectores de genes y de ARN:** La terapia génica y vectores virales.
6. **Bioinformática:** Construcción de bases de datos sobre genomas, secuencias de proteínas, elaboración de modelos complejos de procesos biológicos, incluyendo la biología de sistemas.
7. **Nanobiotecnología:** aplicación de las herramientas y procesos de nano/microfabricación para construir dispositivos destinados al estudio de los biosistemas y aplicaciones en el suministro de medicamentos, diagnósticos, etc.

Hoy día existe una multiplicidad de líneas de investigación biotecnológica con los más diversos fines; sin embargo, podemos destacar ciertas líneas vanguardistas que se encuentran englobadas en las categorías antes descritas pero que debido a su alto potencial tecnológico se consideran estratégicas en el mediano y largo plazo.

- **Investigación en células madre adultas (*Adult stem cells; ASCs*), células madre embrionarias (*Embryonic stem cells; ESCs*) y las células mesenquimales (*Mesenchymal stem cells; MSC*):** valiosas en la medicina debido a su capacidad de reprogramación con lo cual se pueden obtener células diferenciadas para un fin particular.⁶⁶
- **Tecnología antisentido y de ARN interferente:** ambas tienen como objetivo bloquear la producción de proteínas mediante distintos mecanismos; su importancia radica debido a que pueden ser utilizados como mecanismos de defensa contra organismos patogénicos. Existe una tercera variedad de esta tecnología que utiliza *genes knockouts* y se enfoca al estudio de los cambios que provoca la ausencia o presencia de una proteína.
- **Genómica estructural:** busca la construcción y comparación de genomas con el fin de identificar, localizar y caracterizar genes, el proyecto Genoma Humano y Plant Karadzic son ejemplos de esta línea de investigación.

⁶⁵ El objetivo del enfoque de la OCDE es dar cuenta de la biotecnología que abarca tanto a la BM como a algunas actividades tradicionales y otras de frontera.

⁶⁶ En 2005 investigadores de Johns Hopkins University comenzaron un ensayo clínico de células mesenquimales con el fin de reparar el músculo cardíaco dañado por un ataque de corazón del cual se obtuvo una mejoría en un 42% en aquellos pacientes que se sometieron a esta terapia.

- **Genómica funcional:** su objetivo es identificar la función del gen, su regulación y como esta actividad afecta a otros genes.
- **Proteómica:** estudia la estructura, función, ubicación e interacción de las proteínas dentro y entre las células.
- **Biología de sistemas:** se sirve de los datos biológicos para crear modelos predictivos de procesos celulares, vías bioquímicas, etc. Su uso es esencial en el desarrollo de productos biotecnológicos basados en sistemas y vías, y no solo en moléculas o genes individuales.
- **Biología sintética:** se sirve de la ingeniería inversa con el fin de rediseñar y crear “nuevos” organismos útiles en la generación de productos biotecnológicos como la generación de energía, bioluminiscencia o medicamentos.⁶⁷

B. APLICACIONES.

Las aplicaciones del desarrollo biotecnológico son diversas tanto a nivel producto como de proceso (ver cuadro 2.4); sin embargo, estas categorías pueden ser reunidas en cinco grandes grupos: salud humana; agropecuaria; industria alimenticia; medio ambiente e industria; y otras aplicaciones.

CUADRO 2.4
CATEGORÍAS BÁSICAS DE APLICACIÓN

Biomedicina⁶⁸	Fundamenta su existencia en el soporte que proporciona el conocimiento de los procesos biológicos a nivel molecular para entender las manifestaciones clínicas de una patología.
Bioenergía	Busca eliminar sustancias tóxicas generadas durante la transformación de combustibles fósiles, principalmente; así como creación de nuevas fuentes energéticas (etanol y biogás).
Biocatálisis	Consiste en la utilización de enzimas para mejorar la eficiencia energética en la generación de productos.
Biopolímeros	Generación de polímeros biodegradables y con propiedades físicas y químicas más eficientes que los derivados del petróleo.
Bioremediación	Uso de microorganismos vivos para el tratamiento y el control de la contaminación.
Bioproductos enriquecidos	Alimentos resistentes a plagas y químicos, enriquecidos con elementos básicos para el consumidor.

Fuente: Elaboración propia.

1. SALUD HUMANA.

Al conocer la base molecular de la salud y la enfermedad, el DCT ha conducido a la creación de mejores métodos para el diagnóstico, el tratamiento y la prevención de la enfermedad; la biotecnología, por su parte, ha proporcionado infinidad de moléculas, reactivos y procesos⁶⁹ que han permitido un avance significativo en el combate a las diversas patologías a las que el ser humano se ve expuesto.

⁶⁷ En 2006 el Dr. Jay Keasling logro que una bacteria E. Coli modificada genéticamente lograra producir una levadura (artemisinina) usada en el tratamiento del paludismo extraído de la planta de ajeno.

⁶⁸ La biomedicina surge como una disciplina de investigación obligada con enfoques multidisciplinarios en el abordaje de los problemas, desde la sintomatología de la enfermedad misma hasta las bases moleculares que la producen y la afectan.

⁶⁹ Por ejemplo la ingeniería de tejidos pretende ofrecer la posibilidad de reemplazar órganos afectados por algún defecto, enfermedad o envejecidos por nuevos cultivados a partir de células sanas.

En la actualidad la aplicación biotecnológica en el sector salud sigue cuatro líneas principales de investigación: diagnóstico, terapéutica, medicina regenerativa y medicina preventiva.

a) **DIAGNÓSTICO.**

En esta línea de investigación la biotecnología busca reducir los tiempos e incrementar la precisión del diagnóstico; sin embargo, el avance más importante está en la portabilidad de los exámenes de diagnóstico, con ello los médicos pueden realizar e interpretar los resultados de las pruebas y decidir sobre el tratamiento en el punto de la atención.⁷⁰ Otro aspecto positivo se debe a que muchas de estas pruebas presentan los resultados en la forma de cambios de color (similares a una prueba de embarazo), esto a resultado de gran importancia pues su interpretación no requiere personal técnicamente capacitado, equipo de laboratorio caro o instalaciones costosas, con lo cual pueden beneficiarse a las comunidades más pobres y países en desarrollo.

Gracias a la riqueza de la información genómica de la que ahora disponemos en conjunto con el estudio de los marcadores moleculares, podrá llevarse al cabo el diagnóstico precoz de enfermedades tales como la diabetes tipo I, la fibrosis quística, la aparición temprana de la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson (estas patologías anteriormente eran detectables sólo después de la aparición de los síntomas clínicos).

Dentro de los productos biotecnológicos útiles para el diagnóstico encontramos a:

- **Biosensores:** formados por un componente biológico como una célula, enzima o anticuerpo el cual se encuentra vinculado a un transductor diminuto; estos dispositivos se basan en la especificidad de las células y las moléculas para identificar y medir sustancias a concentraciones muy bajas. Cuando la sustancia de interés se enlaza con el componente biológico, el transductor produce una señal eléctrica u óptica proporcional a la concentración de la sustancia. Ejemplo de estos son los indicadores de glucemia utilizados por los enfermos de diabetes.

Los biosensores pueden ser utilizados para: medir el valor de nutricional, la frescura y la seguridad de los alimentos; proporcionar información sobre los componentes de la sangre y sus concentraciones; medir los contaminantes ambientales; o bien en la detección y cuantificación de explosivos, toxinas y agentes de biowarfare.

- **Microarrays:** es una superficie compuesta por una matriz de puntos microscópicos en los cuales se deposita un marcador que reacciona al entrar en contacto con la molécula de estudio, de esta herramienta encontramos:
 - **DNA Microarrays:** proporciona un panorama completo de función genética para una célula u organismo, en lugar de un enfoque de gen-por-gen. Pueden utilizarse para detectar mutaciones en genes relacionados con cierta enfermedad; diagnosticar enfermedades infecciosas e identificar el antibiótico más adecuado, entre otros.
 - **Protein Microarrays:** son utilizados para obtener biomarcadores de proteínas que indican las etapas de la enfermedad; evaluar eficacia y

⁷⁰ Ejemplos de ello son la nueva generación de pruebas de embarazo caseras que proporcionan resultados más precisos mucho antes que pruebas anteriores; las pruebas para faringitis estreptocócica y muchas otras enfermedades infecciosas que proporcionan resultados en minutos, permitiendo comenzar el tratamiento inmediatamente en contraste con el retraso de dos o tres días necesarios en las pruebas anteriores; también la BM permite diagnosticar ciertas carcinogénesis como el de próstata y el de ovario, tomando solo una muestra de sangre, eliminando con ello la necesidad de una cirugía invasiva y costosa.

toxicidad de los fármacos antes de su ensayo clínico; estudio de la relación entre las interacciones de proteínas y su función.

- **Tissue Microarrays:** permiten el análisis de tejidos, se utilizan para detectar perfiles moleculares en los tejidos sanos y enfermos permitiendo con ello validar el potencial que tenga cierto medicamento.

b) TERAPÉUTICA.

Se enfoca al desarrollo de fármacos y proyección de bibliotecas químicas de alto rendimiento con la finalidad de encontrar y desarrollar terapias de moléculas pequeñas que se presentan en forma de píldoras; otro tipo de terapias biológicas se realizan en sistemas vivos, tales como las terapias de proteínas, genes, células y tejidos.

Estas terapias son empleadas para el tratamiento de enfermedades como la leucemia y otros tipos de cáncer, anemia, fibrosis quística, deficiencia de crecimiento, artritis reumatoide, hemofilia, hepatitis y rechazo al trasplante.

Como sabemos, algunas enfermedades son causadas cuando se presenta algún defecto genético y no se producen las proteínas (o en la cuantía suficiente) que requiere el cuerpo, ante este panorama la terapia de proteínas⁷¹ de reemplazo ha logrado dar soluciones a patologías como la hemofilia a través del factor VIII (proteína de la coagulación de la sangre) o la insulina hormona que regula los niveles de glucosa en la sangre asociada a la Diabetes Mellitus.

Una segunda modalidad es la terapia génica enfocada a desarrollar una medicina personalizada (farmacogenómica) con la finalidad de atacar a la enfermedad con mayor precisión y reducir los efectos secundarios, también se utiliza para describir las variaciones genéticas y las formas en que les afectan las distintas drogas.

Este tipo de terapia ha sido estratégica en el combate de enfermedades como el cáncer, por ello diversas economías han centrado sus esfuerzos en el desarrollo de esta tecnología, es el caso chino que otorgó la primer licencia comercial de terapia génica, Gendicine⁷², que ofrece el factor P53 un gen supresor tumoral y que se encuentra asociado a una gran variedad de carcinomas.

En la evolución de estos medicamentos podemos identificar tres generaciones tecnológicas, la primera generación enfocados a cubrir las necesidades del mercado con base en estas técnicas; le siguieron los de segunda generación⁷³ los cuales buscan identificar objetivos de mayor complejidad en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas, cáncer, sepsis, etc.; finalmente encontramos los medicamentos de

⁷¹ Este tipo de terapia consiste en introducir o aumentar los niveles de una proteína con el fin de luchar contra un síntoma o enfermedad. Por ejemplo, los pacientes de anemia pueden tratarse con eritropoyetina recombinante que estimula la formación de glóbulos rojos.

⁷² Los ensayos clínicos en pacientes que recibieron este medicamento mostraron una mejoría en un 68% con regresión total y un 32 % con una regresión parcial; al combinar esta terapia con la quimioterapia y radiación, los resultados mejoraron considerablemente, y no presentaron recaídas después de tres años.

⁷³ Ejemplo de este tipo de medicamentos es el medicamento Byetta o Exenatida de Amylin Pharmaceuticals y los laboratorios Eli Lilly, es la primera de una nueva clase de drogas que se llaman "miméticos" (palabra derivada del concepto de Aristóteles de mimesis o imitación) de incretina; las incretinas ayudan al organismo a incrementar la capacidad natural del mismo para controlar los aumentos de azúcar en la sangre, cuando éste se encuentre en niveles postprandiales anormalmente elevados.

La exenatida, que es para el uso de las personas con Diabetes tipo II, es un equivalente sintético o análogo de la GLP-1, la cual se produce en las células L del estómago. Se aisló por primera vez o se descubrió en la saliva venenosa del monstruo de Gila (una lagartija cuyo nombre científico es *Heloderma Suspectum*).

tercera generación (en desarrollo) que tienen por objetivo solucionar los problemas a nivel genómico en sistemas vivos como lo serán las vacunas de ADN desnudo, bloqueadores intracelulares del código génico, proteínas en píldoras, entre otros.

El trasplante de órganos es otra rama dentro de la terapéutica que tiene gran importancia en el campo biotecnológico, en EUA se estima que existen alrededor de 100,000 personas en listas de espera y en México esta cifra asciende a 14,165 personas⁷⁴, en tal situación se ha impulsado la xenotransplatación en la que se incluyen modificaciones genéticas del organismo donante agregándole material genético humano con el fin de eliminar el rechazo por parte del receptor, principal causa del fracaso en el trasplante de órganos.

Además de la utilización de organismos unicelulares y animales, es bien conocido que las plantas y hongos producen una gran cantidad de sustancias de interés para la salud humana, en la actualidad la biotecnología ha logrado cultivar proteínas terapéuticas en plantas transgénicas entre las que encontramos anticuerpos, antígenos, factores de crecimiento, las hormonas, enzimas, las proteínas de la sangre y colágeno; dichas proteínas se han cultivado en pruebas de campo en una amplia variedad de plantas, incluyendo la alfalfa, maíz, camalote, patatas, arroz, cártamo, soja y tabaco.

c) **MEDICINA REGENERATIVA.**

La medicina regenerativa a través de la terapia celular y la ingeniería de tejidos⁷⁵ tienen el potencial de curar enfermedades, reparar lesiones e invertir efectos relacionados con la edad y el deterioro.

Esta clase de medicina se apoya en los mismos factores intra e intercelulares que el organismo emplea para su autorreparación, ejemplo de ellos son las proteínas conocidas como factores de crecimiento que promueven el crecimiento de la célula, estimulan su división y, en algunos casos, conducen a su diferenciación. Algunos de los factores de crecimiento más comunes son:

- **Factor de crecimiento de fibroblastos:** estimula el crecimiento celular y ha sido eficaz en la cicatrización de quemaduras, úlceras y hueso, así como, en el crecimiento vasos sanguíneos nuevos en pacientes con bloqueo de las arterias coronarias.
- **Factores de crecimiento del nervio:** que animan a las células nerviosas a crecer y reparar el daño; podrían ser utilizados en pacientes con lesiones en cabeza y médula espinal o en enfermedades degenerativas como la enfermedad de Alzheimer.
- **Factor de crecimiento-beta:** ayuda a las células fetales a diferenciar la transformación de tejidos de diferentes tipos y activa la formación de tejido nuevo en adultos.

d) **MEDICINA PREVENTIVA.**

Encargada de la prevención de las enfermedades, está basada en un conjunto de actuaciones y consejos médicos, la participación de la biotecnología en la medicina

⁷⁴ Estimado al 11 de enero del 2011 con datos del Centro Nacional de Trasplantes.

⁷⁵ Estos tejidos consisten en estructuras hechas de materiales biocompatibles que, finalmente, se degradan y se absorben, además de vivir en células cultivadas.

preventiva la encontramos principalmente en el desarrollo de vacunas las cuales ayudan al cuerpo a reconocer y luchar contra las enfermedades infecciosas.

Una vacuna se realiza mediante la inserción del gen que produce el antígeno en una célula de fabricación, tales como levadura. Cada célula de levadura hace una copia perfecta de sí misma y del gen del antígeno. Al aislar los antígenos es posible hacer vacunas que no pueden transmitir el virus o bacteria por sí mismo.

Mediante estas técnicas los científicos han desarrollado vacunas contra enfermedades mortales tales como la hepatitis B y la meningitis. Los investigadores han descubierto que al inyectar pequeñas piezas de ADN provenientes de los microbios es suficiente para desencadenar la producción de anticuerpos.

Estas vacunas denominadas *vacunas de ADN* podrían proporcionar inmunización contra los microbios para los que no tenemos actualmente defensas. Un aspecto interesante es que esta transferencia de material genético puede hacerse entre diferentes organismos con lo cual estas vacunas se pueden incorporar en plantas alimenticias (alimentos nutraceuticos)⁷⁶ eliminando la costosa infraestructura para su mantenimiento y transporte pues este tipo de vacunas no necesita refrigeración, equipos de esterilización o agujas, resulta especialmente útiles en países subdesarrollados.

2. AGROPECUARIO.

Durante los últimos 175 años la población se ha sextuplicado⁷⁷ ello ha supuesto un incremento en la extracción y procesamiento de recursos naturales siempre en busca del abastecimiento de los bienes y servicios que la humanidad demanda.

Dicha demanda debe cubrirse con solo una proporción de suelos aptos para el cultivo y la crianza de especies de interés, se estima que de los 51 mil millones de hectáreas que posee la Tierra solo contamos con 11.3 mil millones de hectáreas directamente productivas a la economía humana; aunado a esta limitante debemos sumar la devastación (ver cuadro 2.5) de los ecosistemas producida por la conversión a suelos agrícolas que avanza una tasa del 0.088% anualmente debido a las exigencias del mercado.

En la actualidad se estima que la humanidad se encuentra explotando el 56% de las tierras emergidas y utiliza alrededor del 70% del agua dulce “productiva” para riego agrícola, otro 20% para uso industrial y solo el 10% para consumo humano. Ello ha planteado una crisis en la distribución del agua a nivel global, se ha estimado que, de seguir este comportamiento, en 25 años dos terceras partes de la población mundial vivirán en una situación de estrés de agua, esto es, viviendo con menos de 1,700 m³ anuales por habitante.

⁷⁶ En estas investigaciones se han obtenido resultados positivos en un plátano transgénico que contiene una vacuna contra la hepatitis.

⁷⁷ La población mundial, era aproximadamente 1,600 millones en el año 1900, ha aumentado a 6,800 millones y se espera que alcance los 9 mil millones en 2050.

**CUADRO 2.5
USO DE SUELOS Y DEVASTACIÓN**

Tipo y Uso de suelo	Hectáreas (miles de millones)	Devastación
Agrícolas.	1.35	Abandono anual de 10 millones de hectáreas debido a la erosión del suelo.
Pastizales, soporte de producción lechera y cárnica.	3.35	Principal causante de la pérdida de aéreas boscosas.
Bosques maderables, industrias: papeleras, muebles, inmobiliaria, etc.	3.44	Se han reducido a menos de la mitad original.
Zonas marinas	3	Migración o extinción de especies nativas.
Asentamientos humanos: industria, ciudades, turismo.	180 millones de hectáreas.	Erosión de suelos e incremento en la extracción de recursos de la periferia.

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de la premisa de que los suelos productivos y agua dulce constituyen la base natural de la producción de alimentos. La seguridad alimentaria se ha convertido en un desafío debido a que las tierras aptas para uso agrícola y ganadero ya están siendo utilizadas y su uso ha supuesto un incremento en la degradación de un 15% de las tierras emergidas; aunado a ello encontramos que el agua destinada a riego es insuficiente y el rendimiento productivo total por hectárea en relación a la demanda actual (alimentar a poco más de 6,800 millones de personas) ha caído por diversos factores como la sequía, inundaciones, plagas, etc.

Ante este panorama la biotecnología ofrece grandes expectativas mediante el aumento de los rendimientos por hectárea cultivada, reducción en el uso de recursos como el agua y fertilizantes, así como en el control de parásitos en formas compatibles con el medio ambiente.

Dicho incremento en la producción se ha logrado gracias a fitomejoradores que permiten seleccionar solo genes que producen rasgos deseados y transferirlos de una planta a otra lo cual ha resultado en un mayor rendimiento por hectárea y la mejoría en la calidad del producto tanto en sus propiedades organolépticas como en su composición proteica y de aminoácidos esenciales.

En la actualidad se pueden identificar 3 ramas en las que la biotecnología se encuentra trabajando en el sector agropecuario buscando desarrollar productos de mayor calidad, ambientalmente sostenibles y enriquecidos con los nutrientes necesarios para el consumidor.

a) AGROBIOTECNOLOGÍA.⁷⁸

A través de los OGM la agrobiotecnología ha permitido modificar las propiedades de las plantas con mayor amplitud, precisión y rapidez⁷⁹. Dentro de las ventajas fundamentales podemos destacar tres esenciales:

- Los genes que se van a incorporar pueden provenir de cualquier especie, emparentada o no.
- En la planta mejorada genéticamente se puede introducir un único gen nuevo preservando en su descendencia el resto de los genes de la planta original.

⁷⁸ Se basa en la ingeniería genética con el objetivo del mejoramiento de organismos vegetales y la reducción del impacto ambiental que su producción represente.

⁷⁹ Por ejemplo se puede transferir un gen bacteriano que produce una proteína tóxica a un hongo que cause alguna enfermedad y transferirla a una planta; la planta, a continuación, produce la proteína y está protegida de la enfermedad sin la ayuda de fungicidas.

- El proceso basado en ADNr demora menos tiempo que el necesario para el mejoramiento por hibridación.

En el desarrollo de los OGM se reconocen tres olas tecnológicas identificadas a partir de sus objetivos iniciales:

- **Primera ola:** se refiere a los cultivos transgénicos que se obtienen con el propósito de mejorar rasgos agronómicos, como ciertas características fenotípicas (tamaño del grano, altura del tallo, etc.), resistencia a plagas (virus, insectos, etc.), tolerancia a herbicidas y condiciones ambientales extremas (salinidad, frío, sequía, etc.).

Por ejemplo, se han modificado genéticamente plantas de tomate y canola con el objetivo de tolerar niveles de sal 300% mayor que aquellas variedades que no han sido genéticamente modificadas. En México se ha utilizado la transferencia de genes para producir maíz y papaya tolerantes a los altos niveles de aluminio que disminuyen la productividad agrícola (rendimiento por hectárea) en muchos países en desarrollo. Investigadores japoneses han transferido genes relacionados con el proceso fotosintético provenientes del maíz al arroz para aumentar su eficiencia en conversión de luz solar lo que significó un incremento en la productividad del 30%.

Los beneficios económicos y de sustentabilidad derivados de la introducción de la biotecnología en el campo ha significado un avance en la competitividad de los países en desarrollo, es el caso de la introducción del Algodón Bt que, de acuerdo con el servicio internacional para la adquisición de *Agri-Biotech Applications*, aumentó la competitividad hasta un 50% para los agricultores indios y un 10% para los agricultores chinos, además redujeron en ambos países hasta un 50% el empleo de insecticidas, en cuanto al beneficio económico los ingresos de los agricultores de algodón aumentaron aproximadamente 1,7 millones de dólares, gracias a la biotecnología.

- **Segunda ola:** corresponden a esta “ola” los cultivos transgénicos comestibles que generan alimentos más sanos y nutritivos que los convencionales.

Es el caso de *NutriDense Corn* (desarrollado por BASF) maíz forrajero mejorado nutricionalmente cuyos rasgos incluyen mayores concentraciones de aminoácidos, ciertos minerales y aceite; o el mani *Flavr Runner Naturally* (desarrollado por Mycogen) que ha sido modificado en sus ácidos grasos para producir nueces altas en ácido oleico.

Empresas biotecnológicas han dado al aceite de soja propiedades deseables, no a través de hidrogenación⁸⁰, sino aumentando la cantidad de un ácido graso natural llamado ácido esteárico.

Otros ejemplos son los desarrollos de la Universidad de Nehru en Nueva Delhi que han utilizado un gen que se encuentra en la planta sudamericana de amaranto para aumentar en un 30% la proteína contenida en papas. Estas papas transgénicas también contienen grandes cantidades de aminoácidos esenciales que no se encuentra en papas sin modificar.

⁸⁰ La hidrogenación de aceites vegetales es empleada para aumentar su estabilidad de calor al cocinar o para solidificar, se usan en la producción de margarinas, productos horneados, entre otros; sin embargo los resultados del proceso de hidrogenación deriva en la formación de ácidos de trans-grasos que tienen efectos negativos para la salud cardiovascular del consumidor.

- **Tercera ola:** se refiere al empleo de los cultivos vegetales como fábricas de moléculas de interés industrial (ver aplicación a la salud humana), como medicamentos, vacunas, biopolímeros, etc., razón por la cual se los suele llamar nutracéuticos. Esta tercera ola aún se encuentra en una etapa muy temprana de investigación a nivel mundial (Estudios Sectoriales ProArgentina; 2005).

Aunados a los OMG, la agrobiotecnología ha desarrollado productos derivados útiles para el cultivo y procesamiento agrícola, tal es el caso de biopesticidas basados en microorganismos y compuestos de ácidos grasos dañinos a ciertas plagas pero inofensivos hacia los seres humanos; otro producto son los herbicidas orgánicos que no dañan la salud humana ni a los cultivos, además de significar una reducción de hasta un 90% en la erosión del suelo

b) BIOTECNOLOGÍA FORESTAL.

Se estima que los productos madereros son una industria mundial de 400 millones de dólares y su demanda está aumentando, tal como sucede en Europa y Japón, cuya oferta es deficitaria debió en gran medida a la escasez de recursos madereros para satisfacer su demanda actual. Asociado a ello encontramos la sobreexplotación en países como China o Brasil, en este último se estima que el 80% de la explotación forestal es ilegal; los efectos ambientales de este tipo de prácticas son devastadores, la organización *Greenpeace* estima que la deforestación tropical es responsable de cerca de un quinto de las emisiones de gases de efecto invernadero globales más que el sector de transporte en el mundo entero.

Ante este horizonte y con el objetivo de responder a las demandas de sustentabilidad y del mercado maderero diversas líneas de investigación científica están utilizando la biotecnología para crear árboles tolerantes a climas extremos, árboles resistentes a enfermedades e insectos, además de aumentar las tasas de crecimiento en tiempos más cortos.

Por ejemplo, están trabajando en la mejora de los microorganismos que viven en las raíces de los árboles y que se encuentran asociados a la fijación de nitrógeno, elemento clave en la nutrición de las plantas aparte de contrarrestar el nitrógeno combinado que pasa a la atmósfera por desnitrificación, actividad microbiana muy importante en suelos poco aireados o el tratamiento de aguas residuales.

Otros beneficios ambientales que se han obtenido de la aplicación biotecnológica en el área forestal incluyen la implementación de biocatalizadores (enzimas) útiles en la fabricación de papel mejorando la eficacia del *pulping*, la sustitución del cloro en el blanqueado o el de-entintado del papel reciclado.

Tal es el caso del aumento en la eficiencia de la producción de pulpa de celulosa mediante la utilización de árboles con menos contenido de lignina y/o la utilización de enzimas con actividad específica para la digestión y oxidación de la misma.

c) BIOTECNOLOGÍA ANIMAL.⁸¹

El empleo de animales para la experimentación y el desarrollo de productos biotecnológicos ha sido una práctica clave principalmente en la generación de

⁸¹ La biotecnología animal incluye todos los animales: ganado, aves de corral, peces, insectos, animales de compañía y animales de laboratorio.

medicamentos como lo pueden ser la creación de de sueros antiofídicos producidos a partir de la inmunización de animales como el caballo que después de un proceso de purificación de las globulinas equinas (anticuerpos neutralizantes) producidas por los caballos durante la inmunización pueden ser utilizados como solución al envenenamiento por mordedura de serpientes.

Con la creación de OGM, en particular la aplicación de la hormona del crecimiento, la clonación y el avance en el mapeo genómico. La utilidad de estos organismos ha ido diversificándose, en la actualidad los animales transgénicos se utilizan con fines diversos:

- Para ayudar a los investigadores a identificar, aislar y caracterizar los genes, y así entender cómo funcionan.
- Como modelos de enfermedades que afectan al hombre, con el fin de desarrollar nuevas drogas y nuevas estrategias de tratamiento.
- Como fuente de tejidos y órganos para trasplantes en humanos (xenotransplatación).
- Para mejoramiento del ganado y otros animales de importancia económica.
- Para producir leche con mayor valor nutricional o que contenga proteínas de importancia farmacéutica.
- Mejora en la salud y el bienestar de los animales.
- Beneficios ambientales y de conservación.

Son tres las principales líneas de investigación biotecnológica aplicada a los animales:

- **Genómica animal** que busca identificar los genes individuales y las proteínas que pueden controlar un host de funciones económicamente cruciales (crecimiento muscular, sensibilidad a la resistencia a las enfermedades y la reproducción).
- **Clonación animal**⁸² debido a que ésta no cambia la composición genética de los animales permite a los criadores de ganado crear una copia genética exacta de un animal existente lo que hace posible mantener la alta calidad del ganado para satisfacer nuestras necesidades nutricionales y de la salud animal.
- **Ingeniería genética** a través de la tecnología de ADN_r se busca mejorar el valor nutritivo de los productos de origen animal a través de mejoras genéticas.

En octubre de 2004, el proyecto de secuenciación del genoma bovino anunció con éxito el secuenciamiento del genoma de la vaca, en diciembre de ese mismo año se presentó el genoma del pollo.

En la actualidad se está trabajando para quitar de la leche las proteínas que causan la intolerancia a la lactosa, desarrollo clave dentro de la industria de los lácteos en Asia (se estima que el 90 % de la población asiática sufre de intolerancia a la lactosa) debido a la progresiva occidentalización en sus dietas.

El medio ambiente se está beneficiando a través de estas tecnologías ejemplo de ello es EnviroPig, un cerdo al cual se ha añadido un gen para mejorar la digestión del fósforo y retención del mismo, logrando con ello una excreción reducida en este elemento logrando disminuir la contaminación por fosforo de los acuíferos.

⁸²La clonación ha sido clave en la conservación de especies endémicas ya que puede utilizarse para incrementar el número de organismos de dichas especies, fue el caso en 2005 de la clonación de una especie de gacela mongol que se encuentra en peligro de extinción.

En 2005 en Argentina se presentaron vacas transgénica que pueden producir la hormona de crecimiento humana, científicos estiman que sólo 15 de estas *vacas Jersey* podrían producir suficiente hormona del crecimiento humana como para satisfacer la demanda global.

3. INDUSTRIA ALIMENTICIA.

Comúnmente cuando nos referimos a biotecnología aplicada a la industria alimenticia se asocia a los OGM descritos en párrafos anteriores, pero también existe una serie de organismos y compuestos como enzimas y aditivos alimenticios obtenidos de microorganismos o microorganismos transgénicos, en la elaboración y procesamiento de los alimentos.

En ese sentido, la modificación genética puede involucrar a:

- La materia prima que se utiliza para la elaboración del alimento.
- A los microorganismos que participan en la elaboración.
- A los productos que ellos fabrican y que se emplean en el procesamiento, como aditivos y enzimas (ver cuadro 2.6).

Existen también enzimas recombinantes desarrolladas a partir de la transferencia del material genético de interés a microorganismos con la finalidad de producir una mayor cantidad de producto en un menor tiempo y con una reducción en el costo.

Ejemplos de este tipo de enzimas son la quimosina que sustituye a la natural obtenida del estómago de terneros y que se obtiene a partir de los hongos *Kluyveromyces lactis* y *Aspergillus niger* transformados genéticamente con genes de vacuno; la α -amilasa obtenida a partir de *Bacillus subtilis* recombinante, que licua el almidón y lo convierte en *dextrina* útil en la producción de jarabes; o la *glucosa isomerasa* proveniente de *Streptomyces lividans* al que se le ha transferido el gen de *Actinoplanes*, permite obtener, a partir de glucosa, jarabes ricos en fructosa, con mayor poder endulzante.

Actualmente la industria alimentaria utiliza más de 55 de enzimas en diferentes procesos de elaboración de diversos productos de alimenticios. Esta cifra aumentará gradualmente mientras se descubre cómo capitalizar la diversidad del mundo microbiano y obtener nuevas enzimas que sean importantes en la elaboración de alimentos.

Por otra parte encontramos los aditivos alimentarios⁸³ cuyo mercado mundial en 2007 estaba valorado en más de 25,000 millones de dólares anuales, estas sustancias tienen un papel fundamental a la hora de mantener las cualidades de los alimentos que están sometidos a condiciones ambientales (temperatura, oxígeno, microorganismos) que puedan modificar su composición original.

⁸³ La FAO conjuntamente con la OMS, a través del Codex Alimentarius definen a los aditivos alimentarios como "cualquier sustancia que normalmente no se consume como alimento por sí misma ni se usa como ingrediente de la comida, tenga o no valor nutricional y cuyo agregado intencional en los alimentos para un propósito tecnológico (incluyendo los organolépticos) en la manufactura, procesamiento, preparación, tratamiento, empaque, transporte o almacenamiento resulta – o puede resultar (directa o indirectamente)- en su incorporación (o la de algún derivado) como componente del alimento o afectar de algún modo las características de dicho alimento."

Ejemplo de éstos son los suplementos nutricionales, antioxidantes, conservadores, espesantes, estabilizadores de color, emulsionantes, resaltadores de sabor, aromatizantes, reguladores de acidez, edulcorantes, saborizantes, entre otros.⁸⁴

CUADRO 2.6 USO DE ENZIMAS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA			
Enzima	Fuente	Industria	Aplicación industrial
Amilasa		Bebidas no alcohólicas	Fabricación de jarabe y glucosa
		Hongos	Panadera
Bacterias	Cárnica		
Invertasa	Levadura	Confitería	Relleno de caramelos
Glucosa Oxidasa	Hongos	Alimentaria	Eliminación de glucosa y oxígeno.
Glucosa Isomerasa	Bacterias	Bebidas refrescantes	Jarabe de cereales rico en glucosa
Pectinasa	Hongos	Jugos de frutas y vitivinícola	Prensado, clarificación del vino
Renina	Hongos	Quesera	Coagulación de la leche
Lipasa	Hongos	Lechera	Degradar la grasa
Lactasa	Hongos	Alimentaria	Degradar la lactosa a glucosa y galactosa
Papaína, Pepesina		Cervecera	Usadas para licuar la pasta de malta. Evitan la turbidez durante la conservación de ciertos productos.

Fuente: Elaboración propia.

4. MEDIO AMBIENTE E INDUSTRIA.

La industrialización ha sido por décadas cuestionada por los procesos contaminantes que en su desarrollo genera debido en gran medida a la relación que dichos procesos guardan

⁸⁴ Es relevante señalar que algunos de estos aditivos están relacionados con trastornos de conducta en niños tal como lo señala un estudio subvencionado por la Agencia de Seguridad Alimentaria del Reino Unido, el cual concluye que los productos procesados que tienen benzoato de sodio y los colorantes artificiales E110, E102, E122, E124, E129 y E104 utilizados en diversos alimentos, golosinas y bebidas gasificadas, parecen incrementar los niveles de hiperactividad en los niños de la población general y no sólo en aquellos que ya tienen diagnosticado un trastorno de déficit de atención con hiperactividad. Por lo que la legislación en salud pública debería evocarse a evitar el uso de este tipo de aditivos que, lejos de ayudar, afectan al consumidor.

con el cambio climático, esta situación llevo a la elaboración del Protocolo de Kioto⁸⁵ con la finalidad de reducir el impacto negativo del desarrollo industrial. Este escenario acentuó la necesidad de generar tecnologías que redujeran la huella industrial y comenzaran a remediar la que ya se había producido, en este sentido se percibió a la biotecnología como una estrategia eficaz para tales efectos.

Complementario a ello la BM se exhibió como una herramienta eficiente en la reducción de costos y generación de industrias sustentables con mayores ventajas competitivas que las industrias tradicionales basadas en el paradigma de los hidrocarburos, esto ha dado inicio a un nuevo paradigma tecno-industrial que ha impactado en los tres sectores de la economía.

De esta forma la aplicación de la biotecnología está compitiendo con éxito frente a los procesos tradicionales de fabricación, mostrado progresivamente que es una solución a las externalidades negativas del proceso industrializador, ello supone la utilización de *tecnologías limpias* para hacer cambios fundamentales en los niveles de contaminación y el consumo de recursos.

Las industrias sustentables se caracterizan, en principio, por tres aspectos fundamentales:

- Reducción o eliminación de residuos tóxicos.
- Disminución en el consumo energético y de materia prima no renovable.
- Descenso en el costo de producción a partir de estrategias enfocadas a la utilización de bienes ambientalmente sostenibles y optimización de recursos.

a) **BIORREMEDIACIÓN.**

En la búsqueda del cumplimiento de dichos aspectos, algunas industrias han implementado medidas biocorrectivas (procesos biológicos encaminados a la protección y restauración del medio ambiente) utilizando sistemas biológicos (microorganismos y/o plantas) logrando así la reducción en la polución del aire, sistemas acuáticos y terrestres.

Por ejemplo, algunos microorganismos se alimentan de materiales tóxicos como cloruro de metileno, detergentes y creosota. La biorremediación se implementa en dos formas básicas: se introducen nutrientes para estimular la actividad bacteriana ya presente en el suelo en un sitio de residuos peligrosos, o se agregan nuevas bacterias al suelo. A continuación las bacterias "comen" la sustancia peligrosa y la convierten en subproductos inofensivos.

La biorremediación frecuentemente involucra OGM utilizados con la finalidad de aumentar la velocidad de cambio o degradación de lugares con una elevada concentración de contaminantes.

La mayor ventaja que ofrece esta técnica es la amplitud en el espectro de contaminantes en las que puede ser empleada, entre las que encontramos: pesticidas, herbicidas, hidrocarburos y metales pesados.

En general, la biorremediación involucra la producción e inmovilización de enzimas en determinados soportes y cambios genéticos de algunas cepas bacterianas. Los procesos

⁸⁵ Acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de al menos un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones al año 1990.

mediante los cuales funciona la biorremediación se pueden dividir en tres grupos (Estudios Sectoriales ProArgentina, 2005):

- **Degradación enzimática:** consiste en la utilización de enzimas previamente producidas en bacterias transformadas genéticamente.
- **Remediación microbiana:** uso de los microorganismos directamente en el foco de contaminación.
- **Fitorremediación:** consiste en utilizar la capacidad de ciertas plantas y los cultivos *in vitro* derivados de las mismas con el fin de remover, contener o transformar productos contaminantes del entorno.

Algunas aplicaciones de la biorremediación son tratamientos de aguas (industriales, procesadas y de consumo humano), aire y gases de desecho, suelos y tratamientos de suelos y desechos sólidos.⁸⁶

b) INDUSTRIAS SUSTENTABLES.

Como se mencionó anteriormente la aplicación de la biotecnología además de interesarse en la sustentabilidad también ha buscado crear industrias más competitivas y menos dependientes de los hidrocarburos, esto se debe en gran medida a las fluctuaciones en los precios de los hidrocarburos y la relación inversa que existen entre el aumento en la demanda energética y las reservas probadas de petróleo⁸⁷ (cerca con el denominado *peak oil*)⁸⁸, esta situación ha comportado un incrementado en el empleo y desarrollo biotecnológico por parte de las distintas industrias (química, energética, manufacturera, agropecuaria, papelera, textil, etc.).

En la actualidad existen diversas líneas de investigación y aplicación biotecnológica en la industria de las cuales podemos destacar las siguientes:

- **Uso de biocatalizadores**⁸⁹: su empleo busca disminuir la cantidad de energía necesaria para producir reacciones químicas en la obtención del producto. Eso es porque, a diferencia de muchas reacciones químicas que requieren temperaturas y presiones muy altas, las reacciones basadas en moléculas biológicas trabajan mejor en condiciones que son compatibles con la vida, es decir, a temperaturas menores a 37.7°C, presión atmosférica y soluciones basadas en el agua.

Ejemplos de ellos son las enzimas de uso extenso dentro del proceso industrial, es el caso de la lipasa que actúan en ácidos grasos y aceites, implementada en la industria textil o en la producción de pinturas; la amilasas que fragmenta el almidón en azúcares más simples, utilizada en la industria papelera o textil; o la proteasa que rompe proteínas, usada para eliminar revestimientos en la industria textil o como detergente en la industria química.

⁸⁶ Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología: Información General en Biotecnología.

⁸⁷ En el documento Key World Energy Statistics publicado por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) se observa que la evolución del consumo de energía esta aun fuertemente ligado a los hidrocarburos, la dependencia del petróleo ha pasado del 48.2% en 1973 a solo el 43.4% en 2005; sin embargo, la disminución de las reservas probadas a nivel global resta importancia al incipiente impacto respecto a la dependencia que se tiene de esta fuente energética.

⁸⁸ El *peak oil* es un planteamiento hecho por algunos miembros de la *Association for the Study of Peak Oil and Gas* (ASPO) los cuales insisten en que las reservas petrolíferas se agotaran en 40 años aproximadamente.

⁸⁹ La implementación de los biocatalizadores se hace a través de la bioprospección que busca nuevos organismos que cumplan con esta función en forma óptima a niveles relativamente extremos de acidez, la salinidad, la temperatura o la presión que se encuentra en algunos procesos industriales de fabricación. Este tipo de organismos se les denomina *extremophiles* (extremofilos).

- **Producción de bioenergía⁹⁰**: alternativa a las fuentes de energía no renovables, la biotecnología permite la utilización de la biomasa y de los azúcares naturales en la producción de carburantes como el etanol o el biodiesel; también, se enfoca a la recuperación microbiana de petróleo a través del uso de microorganismos nativos de los yacimientos, biorrefinación y biopetroquímica las cuales buscan dar a los productos derivados un mayor valor agregado y la cualidad de ser ambientalmente sostenibles.⁹¹

Tiene como objetivo generar "biorrefinerías"⁹² con la producción de etanol a partir de biomasa celulósica obtenida de las paredes celulares de las plantas y que, además, es materia prima para elaborar otros productos como plásticos biodegradables, productos químicos y materiales diversos.

Es importante señalar que este tipo de bioenergía no debe considerarse como una alternativa sustitutiva de los combustibles fósiles, pues aun en su producción requiere un porcentaje importante de consumo energético y reconversión de tierras de cultivo para consumo humano o animal, o bien la conversión de bosques y praderas a nuevas tierras de cultivo, lo que tiene un efecto neto en el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.⁹³

También hay inconvenientes relacionados con el uso alternativo de maíz, si consideramos que éste se utiliza actualmente para la alimentación humana y animal, por lo que su desviación para producir bioetanol tendría un efecto inflacionario en los productos derivados de maíz y aquellos en donde se relaciona directa e indirectamente dentro del proceso productivo como sería el caso de los productos cárnicos.

- **Desarrollo de plásticos verdes**: Obtención de materiales plásticos o intermediarios químicos (poliéster) utilizando el azúcar contenido en el material vegetal mediante procesos de fermentación dirigidos de almidones.

Ejemplo de estos biopolímeros fue la tecnología presentada en 2001 en EUA a través de la cual convertían los azúcares obtenidos del maíz en *ácido polylactic (ELP)*⁹⁴ útil en la producción de materiales para embalaje, prendas de vestir y otros productos; tanto el precio como el rendimiento resultaron ser altamente competitivos con plásticos basados en petróleo, debido a ello algunos de los minoristas estadounidenses como Whole Foods y Wal-Mart ahora utilizan envases de ELP.

⁹⁰ Según Paul Adler de la Universidad Park, Pensilvania, "los cultivos de bioenergía compensan por sus contribuciones de gas invernadero en tres maneras principales: sacando el dióxido de carbono del aire y almacenándolo en las raíces del cultivo y el suelo como un carbono orgánico; produciendo subproductos tales como proteína para pienso, el cual ahorra energía para producir pienso por otras maneras; y por desplazamiento, es decir, reemplazando un combustible fósil con un biocombustible que "recicla", en vez de agregar, más dióxido de carbono a la atmósfera".

⁹¹ En este contexto se buscan soluciones a la biocorrosión (causada por microorganismos como bacterias, hongos o algas) y la eliminación de compuestos organoazufrosos, nitrogenados y metales pesados presentes en el petróleo.

⁹² Un informe conjunto de 2005 de los departamentos de energía y de agricultura de EUA encontró que más de mil millones de toneladas de biomasa podría estar disponible para producir biocombustibles y bioproductos, lo suficiente para satisfacer el 30% de la demanda de combustibles y el 25% de la demanda de productos químicos de ese país.

⁹³ Estudios recientes indican que solo el 10% de la sustitución de gasolina por biocombustibles requeriría el 43% del área de las tierras de cultivo. Estas deficiencias han llevado a la OCDE a declarar que los biocombustibles ofrecen un remedio que puede resultar peor que la enfermedad.

⁹⁴ En comparación con polímeros tradicionales basados en hidrocarburos, el ELP utiliza del 30% al 50% menos de energía de combustibles fósiles y los resultados en las emisiones de CO₂ son inferiores entre un 50% y un 70%. La producción de propanediol (un ingrediente clave para los polímeros y otros materiales y productos químicos) consume 40% menos energía y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% frente al propanediol basado en petróleo, de acuerdo con el fabricante DuPont Tate & Lyle bioproductos; lo que significa que su uso genera externalidades positivas frente al paradigma actual de la producción de plásticos.

Otros avances en esta línea de investigación es el desarrollo de transgénicos en plantas (*Arabidopsis thaliana*) y microorganismos (*Alcaligenes eutrophus* o *Bacillus megaterium*) para producir *polyhydroxybutyrate*, materia prima en la elaboración de plásticos biodegradables.

- **Minería sustentable:** lixiviación bacteriana de metales como el oro en las explotaciones mineras que actualmente utilizan productos químicos altamente contaminantes.
- **Industria química:** pretende introducir gradualmente nuevos procesos y productos químicos intermediarios como el alcohol, los aldehídos, los ácidos orgánicos, derivados aromáticos (bencénicos) y fibras de origen orgánico.

5. OTRAS APLICACIONES.

Como se ha visto en presente capítulo la biotecnología tiene una gran diversidad de aplicaciones e impacto en todos los sectores de la economía, los usos anteriormente descritos son los más divulgados dentro del desarrollo e implementación biotecnológica; sin embargo, existen algunas aplicaciones menos conocidas e igualmente importantes las cuales se presentan a continuación.

a) SEGURIDAD.

Al intensificarse el comercio internacional producto de la liberalización de mercados en la década de los 80's, el aumento del turismo internacional y el acceso al armamento químico y nuclear por parte de grupos subversivos o fracciones radicales de asociaciones político-religiosas; la seguridad se volvió tema fundamental dentro de las políticas macro de diversos países occidentales.

En este contexto, las principales economías del mundo han elaborado políticas científico-tecnológicas (PCT) encaminadas, entre otras, a desarrollar productos útiles en la identificación de problemas de seguridad relacionados con el flujo comercial de mercancías, el turismo internacional y el terrorismo⁹⁵.

- **Flujo comercial de mercancías:** está enfocado a reducir el tiempo en la identificación de agentes patógenos en mercancías procedentes del exterior; a través de biosensores se están desarrollando sondeos que se utilizarán para determinar la presencia de toxinas, tales como aflatoxinas, producidas por hongos o contaminación bacteriana en productos perecederos. También se pueden utilizar para identificar OGM no autorizados para su ingreso, aquellos que no cumplan con la denominación de origen, determinar el pedigrí (pureza de raza), etc.

Por ejemplo, las nuevas pruebas de diagnóstico para la Salmonella arrojan resultados en 36 horas, en comparación con los tres o cuatro días de los antiguos métodos de detección, con lo que se logra una mayor eficiencia en los procedimientos fitosanitarios y una reducción en los costos pues acorta el tiempo que le toma a la mercancía en llegar al mercado.

- **Turismo internacional:** tiene como objetivo obtener pruebas rápidas en el diagnóstico de personas procedentes del exterior y de las cuales se sospecha portan alguna enfermedad con perfil pandémico, se espera que con estas pruebas

⁹⁵ Ejemplo de este tipo de políticas es el proyecto de ley Bioshield promulgado en EUA en julio de 2004 y que autorizaba 5.6 millones de dólares para el financiamiento de adquisiciones para contramedidas médicas contra los ataques químicos, biológicos, radiológicos o nucleares.

se frene el contagio, controlando los grupos de riesgo (vuelos aéreos o cruceros) a través de cuarentenas.

Esto se ha logrado gracias al secuenciamiento del genoma de algunos agentes infecciosos, incluyendo las bacterias que causan la malaria, úlceras estomacales e intoxicación alimentaria, así como organismos responsables para infecciones nosocomiales, cólera o neumonía

Ejemplo de ello es el caso de la gripe AH1N1 en la que algunos PD instrumentaron una estrategia basada, en parte, en la biotecnología para la detección y adecuado manejo de personas que se encontraban afectadas por el virus.

- **Terrorismo:** busca identificar e inactivar sustancias nocivas (biowarfare) a la salud humana que han sido utilizados como armas, entre los que se incluyen productos y servicios para inocular a los ciudadanos contra agentes infecciosos; detectar e inactivar algún producto biológico, químico, radiológico o nuclear; y para diagnosticar y tratar a las personas que pudieron haber sido expuestas al ataque.

Este es el caso algunos de los proyectos de investigación avanzada del departamento de defensa de EUA que implican un análisis rápido de ADN, seguido por la síntesis rápida de drogas que se pueden enlazar o inactivar segmentos de ADN cruciales para la supervivencia del organismo infeccioso.

También se han desarrollado biosensores portátiles para detectar las secuencias de ADN exactas de patógenos liberados en la atmósfera, tales sistemas de detección rápida proporcionan el tiempo necesario para la evacuación, vacunación o de otras medidas profilácticas necesarias para salvar vidas.

Aunadas a estas tecnologías existen aquellas orientadas a la remediación o preventivas como son las enzimas industriales especializadas que pueden ser rociadas en las zonas más contaminadas o bien la creación de obstáculos moleculares para la infección como puede ser el desarrollo de moléculas que se adhieren a sitios de entrada en las membranas mucosas para prevenir la absorción de virus y bacterias en el torrente sanguíneo.

En ambos casos la tecnología se encuentra aún en etapa experimental, pero el potencial que representa es muy alto y estratégico en materia de seguridad nacional.

b) ANTROPOLOGÍA E IDENTIFICACIÓN DE ADN.⁹⁶

Ya que el ADN puede determinar el grado de parentesco, es útil para determinar cómo se dieron las migraciones al analizar los fósiles humanos de distintas ubicaciones geográficas y eras geológica. Los resultados arrojan preciados datos sobre la historia de la evolución humana.

La técnica de identificación a través del ADN es utilizada para cualquier tarea que busque diferencias en el ADN como determinar la compatibilidad de tipos de tejido en los trasplantes de órganos; detectar la presencia de un microorganismo específico; hacer un seguimiento deseable de los genes en el cultivo de organismos; establecer la paternidad;

⁹⁶ Se refiere a la identificación de diferencias genéticas entre los organismos.

resolver crímenes por comparación de muestras reunidas en la escena del crimen⁹⁷; identificar los restos de personas desconocidas⁹⁸; entre otras.

c) **TAXONOMÍA Y VIDA SILVESTRE.**

Otro uso que se le da al mapeo genético consiste en observar el grado de variación génica entre poblaciones diferentes de una especie; determinar la distribución geográfica de las especies, crear áreas protegidas para especies en peligro de extinción y determinar la resistencia genética de las poblaciones silvestres.⁹⁹

Finalmente la biotecnología nos es útil para abatir el comercio ilegal de especies protegidas cuyo mercado deja aproximadamente €160,000 millones de euros en beneficios según la *World Wide Fund for Nature*, ONG conservacionista.

C. **BIOÉTICA.**

La presente sección tiene por objetivo capturar los aspectos críticos que tiene toda tecnología respecto a su desarrollo e implementación, con ello se pretende establecer un marco de referencia concerniente a las cuestiones éticas¹⁰⁰, legales y económicas que orbitan alrededor de la biotecnología.

De la revisión documental hecha para la realización de este trabajo se identificaron 5 aspectos primordiales que preocupan tanto a la comunidad científica como a la sociedad en general referente al desarrollo biotecnológico.

1. **EUGENESIA.**

La idea sobre el mejoramiento genético de los individuos sin duda alguna es un tema debatible y la confianza que se le brinda a la comunidad científica no siempre ha llevado a resultados óptimos, por ello se hace necesario poner este tipo de temas en mesas de debate que involucren a toda la sociedad y no solo a la comunidad científica.

Entendida dentro del contexto del nacionalismo de la Alemania nazi y la búsqueda de la pureza racial iniciada por antropólogos en el siglo XIX, la eugenesia ha sido pensada socialmente como una forma de segregación por parte de aquellos grupos de poder; sin embargo, la eugenesia cuya definición científica hace referencia al conjunto de técnicas orientadas al mejoramiento de la humanidad a través del estudio del genoma e ingeniería genética suponiendo una distinción basada en el perfil genético de las personas, ha dado también la oportunidad de descubrir el origen y forma de tratar un número significativo de patologías, de hecho, en algunos países desarrollados existe el *consejo génico* el cual consiste en analizar el grado de riesgo que tiene el embrión de verse afectado por alguna enfermedad hereditaria que en caso de ser alto se aconseja la interrupción voluntaria del embarazo.¹⁰¹

⁹⁷ También ha servido en para exonerar a más de 200 personas que erróneamente fueron declarados culpables de crímenes en EUA.

⁹⁸ Ha sido de gran utilidad para identificar los restos de la familia Romanov, Rusia, ejecutados por los bolcheviques en 1918.

⁹⁹ Ahora se sabe que los guepardos están en peligro de extinción en gran medida porque no hay prácticamente variación genética de la especie.

¹⁰⁰ Refiriéndonos con ello a la ética profesional la cual contempla a la profesión como el trabajo cuya finalidad es el bien común, orientado a un mejor rendimiento dentro de las actividades especializadas para el beneficio de la sociedad. Ya que sin este horizonte y finalidad, una profesión se convierte en un medio de lucro o de honor.

¹⁰¹ Este tipo de práctica es permitida en la UE en casos en los que se persigue evitar la transmisión de una enfermedad hereditaria grave ligada al sexo.

La eugenesia por sí sola no comporta una diferenciación negativa, sino la forma en que esta se implemente, por ejemplo en la sección anterior se mencionaron los biosensores útiles en la identificación de enfermedades o la propensión a desarrollarlas lo cual permitía poner en práctica tratamientos personalizados incrementando la eficacia de los fármacos utilizados reduciendo sus efectos secundarios, este uso puede calificarse como una diferenciación positiva conducente al mejoramiento en la salud y, por lo tanto, en la calidad de vida del paciente; antagonista a este uso es el que pueden darle las compañías aseguradoras en el análisis de riesgo asociado de cada cliente diferenciando el precio de sus productos con base en una “segregación genética” o diferenciación negativa.

Con el objetivo de evitar la segregación génica algunos países han legislado las prácticas eugenésicas, es el caso de la Unión Europea que ha establecido diversos lineamientos en los cuales se prohíbe la discriminación de una persona por su patrimonio genético, limitando las pruebas predictivas solo para fines médicos o de investigación médica, y contemplan sólo la manipulación del genoma por razones preventivas, diagnósticas y terapéuticas, y sólo cuando no tengan por finalidad introducir modificaciones en el genoma de la descendencia.

Debido a ello el debate sobre aquellas prácticas conducentes a la eugenesia debería estar orientado a salvaguardar los derechos de los individuos y su calidad de vida, y no solo a los efectos del uso indebido de cierta tecnología.

2. CLONACIÓN TERAPÉUTICA Y USO DE CÉLULAS MADRE EMBRIONARIAS.

Con el descubrimiento de la región organizadora del embrión por parte de Hans Spemann y la inducción embrionaria de Hilde Mangold se dio origen a una revolución en el campo de la embriología y la biología del desarrollo que condujo a la experimentación y desarrollo de nuevas tecnologías enfocadas a tratar males que se creían imposibles (por ejemplo las lesiones en el sistema nervioso). Al descubrirse estas células totipotenciales comenzó la carrera para descubrir los factores de diferenciación celular con el objetivo explícito de programar estas células para fines terapéuticos (crear órganos, tejidos, otras células y embriones). Sin embargo, su empleo requirió de la clonación para la obtención de este tipo de células.

La controversia con respecto a la clonación terapéutica y el uso de células madre embrionarias para aliviar diversas enfermedades ha originado opiniones encontradas en la esfera política, científica y social, pues en el epicentro está el derecho fundamental a la vida y el tiempo a partir del cual debe aplicarse¹⁰² por lo que su debate no es mínimo ni sencillo.

Aunque la clonación con fines terapéuticos es prometedor pues trae esperanza a millones de pacientes en todo el mundo (ver aplicaciones a la salud humana), el problema ético está en la necesidad de crear y eliminar embriones humanos para la obtención de las células madre embrionarias.¹⁰³

Los partidarios que apoyan este tipo de experimentación se basan en la tesis del preembrión que establece que el conjunto de células durante los primeros 14 días de su

¹⁰² En este debate se plantea la interrogante ¿a partir de qué elementos se puede considerar que existe vida y cuando se debe proteger su derecho?

¹⁰³ Estos embriones pueden ser sobrantes de la fecundación in vitro o puede ser creado exclusivamente para la obtención de células madre.

existencia no pueden ser consideradas un embrión, en consecuencia puede existir manipulación y muerte de dicho preembrión.

Los detractores de estas técnicas han optado por incrementar la I&D en células madre no embrionarias, estas son células madre derivadas de los tejidos adultos o de tejidos superfluos a la normalidad del desarrollo del feto, con lo cual se evitaría la extracción de óvulos y en consecuencia el sacrificio de embriones humanos, es importante destacar que a pesar de la multipotencia que tienen las células madre embrionarias respecto a la diferenciación dirigida (ver líneas estratégicas de investigación), aun no se han descubierto todos los factores de diferenciación necesarios para justificar los beneficios de la clonación terapéutica.

Aun con las alternativas tecnológicas que se ofrecen, la discrepancia entre opiniones ha llevado a los gobiernos a implementar distintas legislaciones al respecto, por ejemplo la legislación francesa prohíbe la concepción in vitro de embriones humanos con fines de estudio, investigación o experimentación; en EUA está prohibida por ley federal cualquier tipo de clonación humana; en tanto que Gran Bretaña y Bélgica permiten este tipo de clonación.

Sin duda alguna el conocimiento producto del DCT nos ha llevado a incrementar nuestra calidad de vida, es válido que continúe la investigación en el campo de la embriología con la finalidad de comprender los aspectos biológicos que se encuentran detrás del desarrollo de toda forma de vida; sin embargo, es importante legislar y prohibir el sacrificio de cualquier forma de vida con fines comerciales incluso tratándose de aquellos referidos a la salud humana como es el caso de la clonación terapéutica a partir de células madre embrionarias, más aun si existen alternativas que no atentan hacia la vida.

3. PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE OGM.¹⁰⁴

Durante la década de los 90's la implementación biotecnológica en el sector agropecuario comenzó a despertar críticas por parte de diversos grupos sociales, particularmente en el continente europeo¹⁰⁵, los cuales dirigieron su atención, inicialmente, a los productos alimenticios transgénicos o elaborados a partir de ellos, así como a los efectos adversos que su consumo podría tener en la salud de la población.

Ante dicha preocupación, algunos países comenzaron a legislar estos productos estimulados principalmente por grupos económicos que vieron afectados sus intereses comerciales con la introducción de tecnologías superiores y la pérdida de competitividad, esto condujo a campañas antitransgénicos cuyo objetivo era convencer a la población de que el consumo de OGM representaba un riesgo para la salud.

El resultado de estas campañas fue la creación de una ley en Francia que exigía la etiquetación de los productos elaborados a partir de OGM y diferenciarles de aquellos que no lo eran, alentando al consumidor a rechazar los productos agrobiotecnológicos.

Al analizar con cuidado los argumentos esgrimidos por diversas asociaciones que rechazan los productos agrobiotecnológicos observamos cierta incongruencia, pues estos

¹⁰⁴ La incertidumbre asociada a la introducción de nuevos productos no es reciente; sin embargo, cuando se analizan los riesgos y beneficios con objetividad el resultado puede ser satisfactorio. Ejemplo de ello fue cuando los españoles llevaron la papa a Europa en 1570, nadie estaba dispuesto a comer, se pensó tóxica e incluso causante de la lepra, sin duda una mezcla de superstición y mito. Paradójicamente, la tortilla de papa es hoy uno de los platos típicos de España.

¹⁰⁵ Hasta marzo del 2010 solo dos OGM habían sido autorizados por la UE para su producción: una variedad de maíz comercializada por Monsanto (1998) y la patata "Amflora" comercializada por la firma alemana BASF (2010).

grupos aluden sobre los riesgos hacia la salud de los consumidores derivado de la transgénesis de los organismos, lo que no tomaron en cuenta es que son los OGM los que mayor aporte han tenido en el tratamiento y prevención de enfermedades (ver aplicaciones, salud humana).

Esta *satanización* de los OGM condujo a rechazar la oportunidad de obtener una mejor calidad alimenticia por parte de algunos gobiernos reacios a consentir la introducción de OGM, fue el caso del *arroz dorado* cuyo desarrollo tuvo como objetivo crear una especie de arroz enriquecido con vitamina A enfocándose a reducir los casos de ceguera en aquellos países subdesarrollados cuyo principal alimento es el arroz. Aun cuando este desarrollo tecnológico tuvo desde su inicio un matiz social, pues se aseguraron sus creadores de que una vez desarrollado esta variante pudiese ser distribuida de forma libre, con la intervención de grupos de poder y asociaciones civiles se perdió la posibilidad de brindar una mejor nutrición para aquellos que más lo necesitaban.

Otro de los argumentos utilizados para la dilación del cultivo de OGM se orientó al riesgo ecológico que habría enfatizando la pérdida de vida silvestre nativa¹⁰⁶; si bien se reconoce que existe un riesgo debido a la recombinación génica que pudiese existir en la interacción entre los organismos nativos y aquellos introducidos por el hombre, también debe tenerse en cuenta que existen desarrollos tecnológicos para reducir ese riesgo, tal es el caso de la tecnología *terminator*¹⁰⁷ cuyo fin es eliminar la posibilidad de utilizar nuevamente las semillas para una nueva siembra, limitando la diseminación del cultivo no nativo.

Si existe preocupación por un posible impacto sobre la salud humana o el medio ambiente derivados de la introducción y el consumo de OGM, se deberán efectuar ensayos cuyos resultados conduzcan a tomar decisiones basadas en la evidencia científica¹⁰⁸, no en perjuicio de emociones, mitos o ideologías que en muchas ocasiones son promovidas por intereses económicos *so pretexto* del bienestar social.

Al respecto existen acuerdos internacionales con la finalidad de reducir el impacto negativo de los OGM, es el caso del Protocolo de Cartagena encauzado a la seguridad sobre la implementación biotecnológica en el Convenio de Diversidad Biológica¹⁰⁹. Firmado por 130 países el 29 de enero de 2000, el protocolo manifiesta la toma de conciencia sobre los posibles efectos adversos para la salud y biodiversidad que la expansión de la biotecnología implica; en el queda establecido que la introducción de OGM y su posterior colocación en el mercado queda a discreción de la parte importadora

¹⁰⁶ En México a través de la Ley de Bioseguridad se decretó para las secretarías de Agricultura y de Medio Ambiente que "*deberán promover la conservación in situ de razas y variedades de maíces criollos y sus parientes silvestres, a través de programas de subsidio u otros mecanismos de fomento para la conservación de la biodiversidad, sin que implique autorización para el cambio del uso de suelo de forestal a agrícola*".

¹⁰⁷ El riesgo en este caso es económico pues incrementa el poder monopólico del desarrollador tecnológico frente al agricultor, en este caso debe haber medidas antimonopólicas encaminadas a reducir la dependencia tecnológica proveniente del exterior, ello se logra a través del desarrollo tecnológico propio en instituciones universitarias y gubernamentales cuyos beneficios sigan un *feedback* logrando con ello incrementar el financiamiento para el desarrollo de tecnologías vitales sin beneficiar solo a un grupo reducido de empresarios.

¹⁰⁸ Fue el caso del maíz *Starlink* de la compañía Aventis que se retiró del mercado debido a los efectos alérgicos que tenía en el ser humano.

¹⁰⁹ Resultado de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, también conocida como la "Cumbre de la Tierra" (1992); el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) tiene tres objetivos principales:

- la conservación de la biodiversidad,
- el uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica, y
- la participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos.

y gracias al *Principio Pecuario* se otorga a cada país la posibilidad de prohibir la entrada de cualquier OGM al no haber certeza científica sobre su inocuidad.¹¹⁰

4. PROPIEDAD INTELECTUAL.

La propiedad intelectual tal vez sea el tema de mayor amplitud y debate, debido en gran medida al impacto que tiene en los distintos ámbitos (económicos, sociales, científicos, religiosos, etc.).

Dentro de los distintos debates que orbitan alrededor de la propiedad intelectual podemos destacar los siguientes:

➤ **Patentamiento de formas de vida o información (genes) contenidas en ellas.**

Con respecto a ello los intereses económicos y la dimensión del mercado potencial ha producido que exista una divergencia entre la legislación sobre el patentamiento de las formas de vida, si bien en muchos países se rechaza esta idea como es el caso de México, algunos otros como EUA permiten el patentamiento de diversas formas de vida¹¹¹, de hecho a partir de 1987 su ley contempla el derecho de patente de todo organismo vivo unicelular y multicelular excluyendo al ser humano.

Esta clase de políticas privativas han sido criticadas por diversas organizaciones sociales lo que ha originado un debate al interior de la OMPI que en su decimotercera sesión celebrada en marzo de 2009 solicitó a un comité de expertos externos a esta organización elaborara un estudio sobre las exclusiones, excepciones y limitaciones, centrándose en las cuestiones sugeridas por los miembros, entre los que se encuentra la patentabilidad de formas de vida, este estudio debía tomar en cuenta la perspectiva de la política pública y del desarrollo socioeconómico.

➤ **Propiedad de la biodiversidad y distribución de beneficios derivados de su uso, tomando en cuenta su origen y conocimiento autóctono.**

Al considerar la exclusividad de explotación que concede una patente a su poseedor así como de los beneficios económicos que de ella deriven, se ha hecho una práctica común entre distintas instituciones públicas y privadas de incrementar las líneas de investigación en países subdesarrollados con gran diversidad biológica y conocimientos tradicionales que tengan potencial económico (sirvan para el desarrollo de nuevos productos), esto ha levantado varias voces en contra debido a la falta de compromisos éticos y sociales por parte de los desarrolladores tecnológicos.¹¹²

Esta conducta se debe en gran medida a una falta de disposiciones legales internacionales que obligue a todo solicitante de patente a reconocer su origen y conceder un parte proporcional de las utilidades que ella genere a las comunidades cuyos organismos nativos y conocimientos autóctonos sirvieron en la generación de la misma.

¹¹⁰ En México la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) es la encargada de establecer las políticas relativas a la seguridad de la biotecnología respecto al uso de los OGM.

¹¹¹ En 1988 la Universidad de Harvard logró obtener en EUA una patente para un linaje de ratones transgénicos. Sin embargo, la Oficina de Patentes europea negó una patente para estos mismos ratones, y la Universidad de Harvard apeló esta decisión. En la actualidad la UE ya concede patentes sobre plantas y animales.

¹¹² A este tipo de prácticas se le ha denominado *biopiratería*. Ejemplo de ello es el estudio que hizo la University of Washington de la *Uncaria Tometosa* (Uña de gato) usada tradicionalmente por comunidades indígenas americanas como planta medicinal para la cura de enfermedades como artritis, gastritis, úlcera, procesos virales y debilidad general. El estudio de esta planta resultó en la solicitud de patente cuyas aplicaciones estaban orientadas a inhibir y reducir la formación amiloide asociada con la enfermedad de Alzheimer.

➤ **Brecha tecnológica¹¹³ entre las economías desarrolladas y las subdesarrolladas, y su relación con las necesidades básicas de la población (salud, alimentación, vestido, servicios básicos).**

La exclusión tecnológica es la que tiene mayor impacto en el contexto económico debido en gran medida a la escasez de RH altamente calificados, financieros y técnicos necesarios para insertarse en este paradigma tecnológico.

De hecho, aquellos países que no logren innovar a las tasas requeridas corren el riesgo de ser desplazados en la comercialización de materias primas que exporten, principal fuente de ingresos derivados del comercio exterior en países subdesarrollados. Tal fue el caso de la industria azucarera durante la década de los 70's que vio reducido su mercado exportador estadounidense cuando esta economía introdujo tecnología capaz de transformar el almidón en glucosa mediante procesos enzimáticos, esto tuvo como consecuencia la caída en los precios del azúcar pasando de \$0.30 us/libra a solo 0.07 us/libra.¹¹⁴

Sumado a ello encontramos los acuerdos multilaterales entre economías industrializadas y subdesarrolladas que en diversas ocasiones carecen de cuadros técnicos que absorban y transformen la tecnología extranjera para aprovechar nuevas oportunidades con el objetivo de desarrollar en el largo plazo una industria tecnológica propia derivada del aprendizaje.

➤ **Reducción en el flujo de información y publicación de resultados clave para el desarrollo de nuevos productos o procesos con beneficio social.**

Esto tiene como consecuencia un incremento en las prácticas oligopólicas de los agentes mejor posicionados, es el caso de la alta concentración de mercado que la industria farmacéutica posee a nivel internacional la cual pone en riesgo el desarrollo de capacidades innovativas y de implementación tecnológica. Se estima que alrededor de 10 empresas controlan cerca del 59% del mercado mundial, ello se debe a una competencia basada en la dependencia de los productos. Su fortaleza competitiva se basa en la I&D a la que se destinan alrededor del 12% de los ingresos de la industria, en la apropiación de las rentas mediante el sistema de patentes y en las cadenas de comercialización (Torres Domínguez, 2009).

Los efectos de dicha concentración de mercado exceden los meramente económicos, también afecta al desarrollo de productos cuyas expectativas de ganancia no sean lo suficientemente grandes como para justificar su I&D, pues se da preferencia en el flujo de recursos financieros a las líneas de investigación de interés comercial dejando de lado a aquellas enfocadas a necesidades sociales.

Este es el caso de los recursos financieros destinados a la I&D de nuevos medicamentos, se ha dado mayor prioridad a enfermedades de mayor incidencia y preocupación en poblaciones de PD como es el cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades

¹¹³ Considérese que el patentamiento se traduce en barreras directas del desarrollo de países tecnológicamente dependientes.

¹¹⁴ Sin embargo, el caso de Brasil es un claro ejemplo de cómo un proceso de reconversión industrial biotecnológica amplía el panorama de oportunidades, ya que al presentarse este escenario en la industria azucarera el gobierno brasileño fijó como prioridad económica la sustitución de la planta automotriz impulsada por gasolinas, por una impulsados por alcohol, esto supuso una reconversión de la industria automotriz basada en petroquímica en una basada en sucroquímica.

mentales, disturbios neurológicos, así como la disfunción eréctil y aspectos cosméticos.¹¹⁵ Debido a ello se ha dejado de lado otro tipo de afectaciones como la malaria, la tuberculosis, el mal de Chagas o la leishmaniosis, que afectan casi exclusivamente a las poblaciones de países subdesarrollados en donde la capacidad adquisitiva de estas poblaciones no incentiva a la industria farmacéutica a financiar proyectos orientados a tratar estos males.

5. EXPERIMENTACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS.

Como todo desarrollo tecnológico la necesidad de experimentar se hace vital en la obtención de resultados y el consecuente perfeccionamiento del producto; en este contexto la biotecnología ha recibido innumerables críticas debido a que sus objetos de experimentación, a diferencia de otras tecnologías, regularmente son organismos vivos, incluyendo seres humanos. Ante este panorama las críticas sociales han focalizado su atención a la protección de los derechos humanos y los derechos de los animales.

En cuanto al primero, se orienta a exigir el consentimiento libre e informado de los individuos respecto al sometimiento de pruebas encaminadas a comprobar la eficiencia de nuevos métodos de diagnóstico y terapéuticos¹¹⁶; buscan prohibir convertir el cuerpo humano o sus partes en objeto de lucro¹¹⁷; y proteger los datos personales incluyendo aquella información contenida en su genoma.

En relación al segundo punto se pretende reducir el uso de animales¹¹⁸ como modelos de pruebas además de exigir mayores penas a aquellos que, so pretexto de los beneficios que el ser humano podría obtener, experimentan sin tener en cuenta las consecuencias del sufrimiento que siente el animal.

D. BIOINDUSTRIA.

1. EMPRESA BIOTECNOLÓGICA.

El objetivo de la empresa biotecnológica es el desarrollo de productos resultado de sus proyectos de investigación y debe ser flexible para poder adaptarse a los cambios continuos del mercado y del sector biotecnológico; por ello, el empleo de procesos biosintéticos por parte de las industrias tiene como objetivo introducir innovaciones a través de nuevos productos o sustituir a los actuales, ello supone un capital inicial

¹¹⁵ Esta situación suscito que el ganador del Premio Nobel de Literatura en 2008, Jean-Marie Gustave Le Clézio pronunciara que *"En el mundo actual, se está invirtiendo cinco veces más en medicamentos para la virilidad masculina y silicona para mujeres, que en la cura del Alzheimer. De aquí a algunos años, tendremos viejas de tetas grandes y viejos con pene duro, pero ninguno de ellos se acordará para qué sirven."*

¹¹⁶ Este aspecto tiene gran relevancia debido a que en muchas ocasiones no se informan de los posibles efectos colaterales que pueden presentarse durante y después de este tipo de pruebas, que en el peor de los escenarios resultan en la muerte del paciente, como ejemplo podemos citar el caso de Jesse Gelsinger quien murió en 1999 a consecuencia de una reacción inmunitaria de su cuerpo cuando se sometió a un tratamiento de terapia génica basada en adenovirus.

¹¹⁷ Uno de los casos más sonados es el de John Moore a quien en 1976 le fueron extraídas unas extrañas células de "leucemia de células pilosas", a partir de las cuales médicos de la UCLA desarrollaron una línea de células que produjeron valiosas proteínas antibacterianas y para la lucha contra el cáncer. Si bien Moore había firmado un formulario en el que consentía que le practicaran la cirugía, el texto del formulario solo autorizaba la realización de trabajos de investigación en los tejidos extraídos; por lo que en 1984 cuando los médicos recibieron un derecho de patente sobre la llamada "línea de células Mo", John Moore demandó a éstos reclamando una participación en las ganancias. Este es el único caso público en donde un ser humano ha sido "patentado" parcialmente.

¹¹⁸ Su uso se debe a la capacidad que tienen estos organismos en presentar un patrón similar de la enfermedad (modelo de la enfermedad) o reacciones en el ser humano; gracias a la transgénesis entre especies ha sido posible utilizar bacterias, hongos, vegetales y animales (peces, ratones o cerdos, entre otros) como modelos; sin embargo, se busca reducir el uso de aquellos animales a los que la sociedad se muestra más sensible (hominidos, perros, conejos, etc.).

elevado, pero con costos de producción bajos, lo cual resulta en buenas oportunidades de negocio en el mediano y largo plazo.

Estas empresas se caracterizan por tener:

- Altos niveles de creatividad orientada a objetivos.
- Inversión inicial sólida y un plan de financiamiento.
- Planificación de largo plazo.
- Establecimiento de objetivos comunes entre el grupo científico y el de administradores con gran capacidad de gerenciamiento.

Las empresas según los grados de aplicación biotecnológica se clasifican en:

- **Empresa Nivel I (especializada):** Empresa o Industria que ha desarrollado productos y/o procesos biotecnológicos avanzados, que realiza I&D y comercializa principalmente productos y/o procesos biotecnológicos propios y/o los desarrollados por otras empresas.
- **Empresa Nivel II (no especializada):** Empresa o Industria que ha desarrollado algún o algunos productos y/o procesos biotecnológico avanzados, que realiza I&D y comercializa productos y/o procesos biotecnológicos propios y/o los desarrollados por otras empresas.
- **Empresa Nivel III (seguidora):** Empresa o Industria que posee fondos y/o realiza propia I&D para incorporar y/o adaptar procesos biotecnológicos en su cadena de producción.
- **Empresa Nivel IV (comercializadora):** Empresa o Industria distribuidora de productos y/o procesos biotecnológicos.

El capital de riesgo con el cual se fondean estas empresas proviene de seis fuentes principales:

- **Financiación informal:** constituida por las llamadas 4F's: "founders, friends, fools and family", es decir, familiares, amigos y, en general, personas que ayudan al emprendedor aportándole financiación inicial para que este pueda lanzar su negocio.
- **Financiación bancaria:** entidades financieras especializadas en *venture capital*.
- **Préstamos participativos:** instrumento financiero que permite ejecutar directrices de promoción económica y de innovación, especialmente en la etapa de arranque y desarrollo de la compañía reforzando su estructura financiera. Las ventajas principales de los préstamos participativos frente a los tradicionales, son la no exigencia de garantías reales para su concesión y sus favorables tipos de interés.
- **Las divisiones o subsidiarias de entidades no financieras (Corporate Venturing):** *Novartis, Aventis, General Electric, Microsoft* por ejemplo, toman participaciones en jóvenes empresas con tecnologías que quizás con el tiempo puedan llegar a formar parte del grupo, para mejorar sus líneas de productos o para llevar a cabo una adecuada política de diversificación.
- **Business Angels:** son inversores individuales, normalmente empresarios o directivos de empresa, que aportan, a título privado, su capital, así como sus conocimientos técnicos y su red de contactos personales, a los emprendedores que quieren poner en marcha un proyecto empresarial o a las empresas que se encuentran en el inicio de su actividad, o que pilotan un nuevo proyecto, con el objetivo de obtener una plusvalía a medio plazo y con la esperanza de seleccionar un proyecto empresarial de gran éxito.

► **Colaboraciones/alianzas estratégicas:** se producen entre empresas del sector o con empresas de sectores afines (farmacéutico, salud, energético, etc.) como acuerdos de concesión de licencias¹¹⁹, acuerdos de abastecimiento, adquisiciones conjuntas y muchas otras formas de cooperación, que tienen como objetivo eliminar o reducir en un grado significativo la confrontación entre competidores, proveedores, clientes, etc.

La forma en que se suministran los recursos financieros y en las que participa el capital de riesgo sigue cinco rondas de financiamiento esenciales (según la experiencia estadounidense y europea) desde la formación del emprendimiento hasta su incursión en el mercado de valores:

► **Capital semilla (*seed stage*):** consiste en una pequeña ronda inicial, normalmente inferior a un millón de euros, anterior al inicio de la producción y distribución masiva del producto o servicio. En esta etapa, los fondos se destinan a la investigación, la inversión y el desarrollo de un concepto inicial antes de que la empresa llegue a la fase de puesta en marcha. No hay ventas ni, por lo tanto, ningún beneficio. Se emplea para validar la idea empresarial, hacer un estudio de mercado, y completar el plan de negocios inicial. Es una inversión en la que existe riesgo tecnológico y por lo tanto, elevada probabilidad de abandono.

► **Series A (*puesta en marcha, start-up, earlystage*):** rondas de importe aproximado de entre €1 y 5 millones de euros. Se participa en empresas de nueva o muy reciente creación que, aunque hay ventas, todavía no han generado beneficios. Representa una ayuda para completar el desarrollo del producto y/o la tecnología e introducirse en el mercado.

► **Series B (*second stage*):** de importe entre €6 y 10 millones de euros. Permite reforzar el balance y aporta solidez a la compañía de cara a solicitar créditos bancarios. Da soporte al emprendedor para conseguir financiación adicional.

► **Series C/D (*expansion*):** generalmente suelen estar entre €15 y 50 millones de euros. Se trata de inversiones de menor riesgo y mayor volumen. Proporcionan apoyo financiero a empresas existentes para posibilitar su acceso a nuevos productos y/o mercados o el crecimiento en los que está introducido, campañas de marketing, etc.

► **Pre-IPO (*bridge financing*):** rondas de financiación encaminadas a preparar la compañía para su incursión al mercado de valores.

Los diferentes capitales de riesgo pueden intervenir en las distintas etapas (ver figura 2.3) de la inversión, se busca la entrada de nuevos socios para co-invertir (operaciones sindicadas) a medida que hay más necesidades financieras, búsqueda de capacidades complementarias o aprendizaje. Para los inversores supone una forma de poder hacer frente a grandes inversiones tratando de diversificar el riesgo (Sala y Reinoso; 2007).

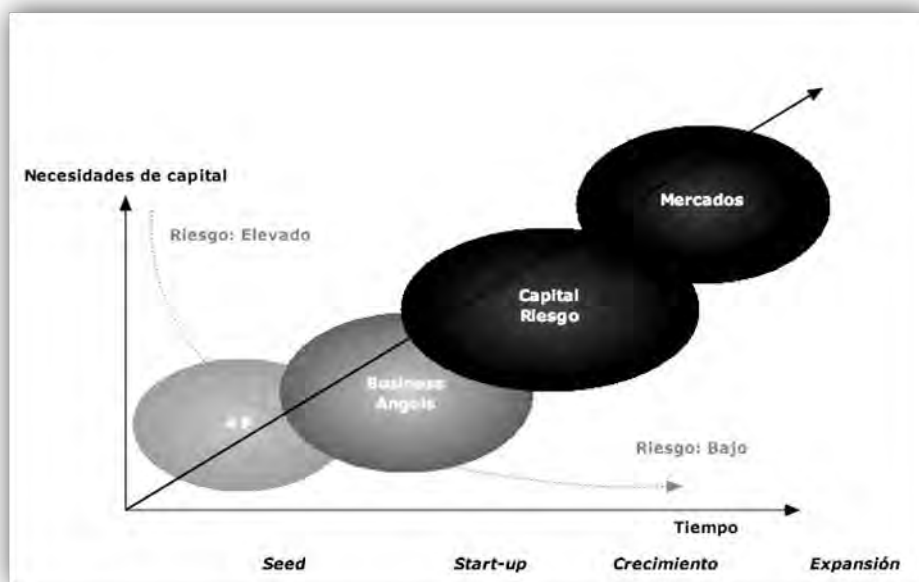
Referente a la mercantilización de los productos la principal vía es a través de las grandes corporaciones (Merck, Bayer, DuPont, BASF, etc.) capaces de financiar los proyectos e infraestructura necesarios además de contar con los canales de comercialización precisos para su distribución, por tal razón una empresa o grupo industrial puede pertenecer a más de un nivel dentro de la clasificación descrita anteriormente, tal es el caso de Pfizer o Roche las cuales cuentan con un alto grado de integración vertical.

¹¹⁹ Genentech baso su crecimiento en este tipo de estrategia hasta antes de su adquisición por parte de *Hoffmann-La Roche*.

Este hecho ha llevado a diversos investigadores como Rodolfo Quintero¹²⁰ a dividir las industrias biotecnológicas en dos grupos: pequeñas empresas constituidas por alianzas entre instituciones académicas y el sector privado así como de pequeños laboratorios particulares; y empresas globales enfocadas al desarrollo y comercialización productos y procesos.

Hay que advertir que las empresas pertenecientes al primer grupo en muchas ocasiones tienen el potencial de crear mayores ventajas competitivas que los grupos industriales tal es el caso de diversas *joint ventures*¹²¹ exitosas como Genentech, Monsanto o Biogen, empresas que nacieron a partir de laboratorios y grupos de investigación académicos que dieron una visión empresarial al desarrollo científico en el cual trabajaban.

FIGURA 2.3
COMPORTAMIENTO DE LAS NECESIDADES DE CAPITAL



Fuente: tomado de *Capital Riesgo y Biotecnología*; 2007.

Aquí se hace manifiesto que la empresa biotecnológica en diversas ocasiones tiene su origen en la academia¹²² debido a que es dependiente de los insumos científicos producidos en el interior de la misma y guiada por el Estado a través de su PCT, por tal motivo la creación de bioindustrias debe tener presente en todo momento las sinergias entre los tres agentes: Estado, academia y empresa.

El papel del Estado es en muchas ocasiones el que determina el éxito o fracaso de cierto tipo de industria, en este caso las políticas que de él emanen fijaran hacia donde se concentraran los esfuerzos y el financiamiento (ver capítulo I).

¹²⁰ Doctor en Ingeniería Bioquímica por la Universidad de Manchester, Inglaterra, Director de la División de Ciencias Naturales e Ingeniería de la UAM-Cuajimalpa.

¹²¹ Este tipo de emprendimientos son esenciales en la creación de nuevas empresas basadas en la generación de conocimiento.

¹²² Si bien es reconocido que la mayoría de los aportes en cuanto a técnicas, procesos y productos biotecnológicos se originan en los laboratorios universitarios, son las spin-off y empresas globales las que llevan a cabo la industrialización y comercialización de dichos aportes ante la carencia de infraestructura y mano de obra de las universidades.

Otro aspecto en donde el Estado toma gran importancia es a través de sus instituciones reguladoras las cuales pueden frenar la introducción de algún producto debido a los riesgos (salud o medio ambiente) asociados al mismo, por ello se enfatiza la importancia que tiene la colaboración científica entre los tres agentes.

Respecto a la competitividad de estas empresas está determinada por una combinación de creatividad, altos niveles de inversión en I&D¹²³, regulaciones estatales, propiedad intelectual, sinergias entre los tres agentes, así como de la capacidad de aislar a la competencia vía diferenciación de producto, alianzas estratégicas o imponiendo estándares y comunicar continuamente sobre sus innovaciones y éxitos comerciales con el fin de crear lealtad a la firma.

2. CONDICIONES ACTUALES DEL MERCADO BIOTECNOLÓGICO.

Debido a su reciente desarrollo, la multiplicidad de aplicaciones y las asimetrías en I&D entre PD y PED, la estadística disponible para cuantificar la magnitud del mercado biotecnológico es escasa y en muchas ocasiones heterogénea a causa de las diferencias metodológicas empleadas; por tal razón esta sección del trabajo se ha basado en la metodología propuesta por la OCDE para la cuantificación del mercado biotecnológico, identificando las variables más generales y de las cuales se tuvo la estadística que contribuyó a la argumentación del estudio aquí presentado.

Para tal estimación se han considerado tres indicadores generales: desarrollo, impacto económico y aplicación.

a) DESARROLLO.

Este indicador busca cuantificar la producción científica cristalizada en invenciones así como los RH y financieros involucrados en el desarrollo de esta tecnología, entre las variables que encontramos destacan: la propiedad intelectual, la inversión y el número de empleos relacionados con la biotecnología.

➤ Propiedad Intelectual.

La propiedad intelectual representada por las patentes es un indicador general de la cristalización tecnológica de las investigaciones científicas que se hacen en el campo biotecnológico cuyo propósito es realizarse como innovaciones tecnológicas que incrementen la competitividad en algún sector industrial o bien que satisfagan alguna demanda.

En este indicador los PD han sido los actores principales, durante la década de los 60's Reino Unido poseía la mayor cantidad de patentes; sin embargo, hacia la década de los 70's EUA lo desplazó y se convirtió en la principal economía generadora de biotecnología, lugar que aún conserva, ello repercutió directamente en la creación de emprendimientos estadounidenses que en la década de los 80's sumaban más de 200 industrias relacionadas con la biotecnología.¹²⁴

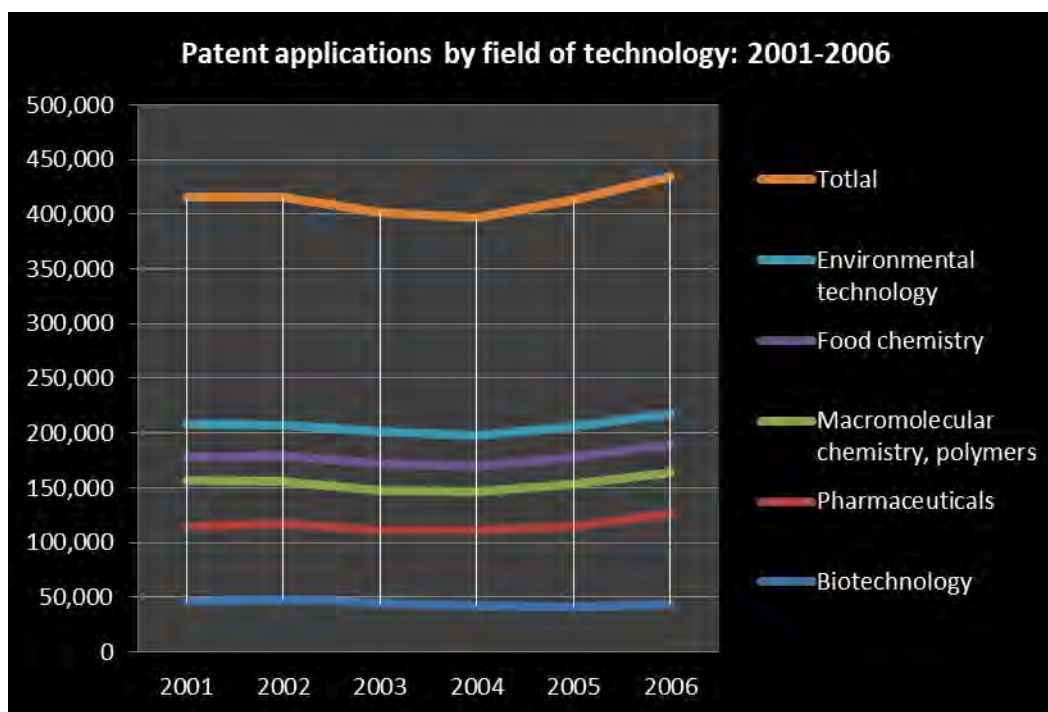
¹²³ Este tipo de empresas tiene como característica que alrededor de un 90% de su oferta es I&D por lo que son organizaciones basadas netamente en la generación de conocimiento.

¹²⁴ Esto fue posible en gran medida a la aprobación de la Ley Bayh-Dole en 1980 la cual permitió a las universidades que registraran a su nombre las invenciones producto de los diversos proyectos de investigación financiados por el gobierno federal, a esto le siguieron diversas reglamentaciones que dieron a la academia la posibilidad de explotar comercialmente sus patentes ello originó que el sector privado estableciera alianzas con los diversos institutos universitarios y sus integrantes.

El crecimiento en las solicitudes de patentes correspondiente a la biotecnología e industrias relacionadas (ver figura 2.4) ha sido continuo teniendo un crecimiento del 4.43% entre 2001 y el 2006 según datos de la OMPI dejando claro que es una área tecnológica con un gran potencial de innovación.

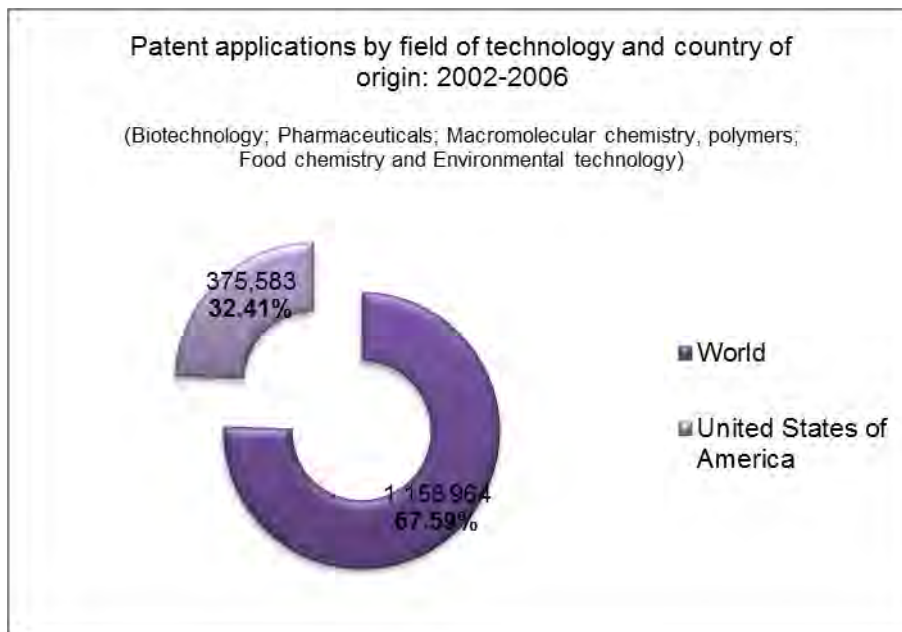
Del total de registro de patentes entre el año 2000 y el 2006 relacionadas con las bioindustrias EUA posee un tercio (ver figura 2.5) esto se debe a dos razones principales: una política macroeconómica que tiene en cuenta a la biotecnología como estrategia de crecimiento y competitividad; y a que el mercado estadounidense es el de mayor importancia respecto al consumo de bienes y servicios biotecnológicos.

FIGURA 2.4
COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL REGISTRO DE PATENTES BIOTECNOLÓGICAS E INDUSTRIAS RELACIONADAS



Fuente: elaboración propia con datos de la WIPO Statistics Database; julio 2009.

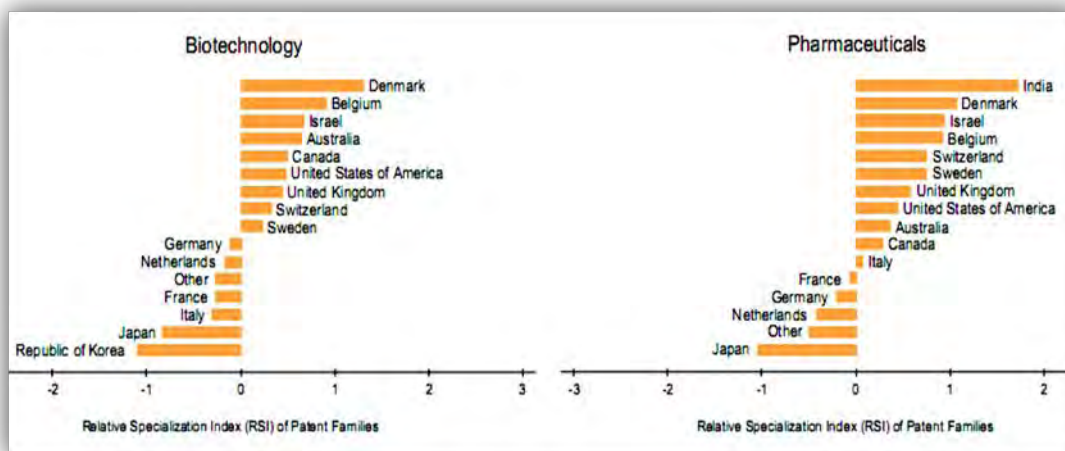
FIGURA 2.5
PROPORCIÓN DE PATENTES ESTADOUNIDENSES RESPECTO AL MUNDO EN TECNOLOGÍAS SELECCIONADAS



Fuente: elaboración propia con datos de la WIPO Statistics Database; julio 2009.

Otras economías que han identificado el potencial de este paradigma tecnológico son Dinamarca, India, Bélgica, Israel o Australia (ver figura 2.6) quienes encabezan el *Relative Specialization Index* elaborado por la OMPI el cual presenta la tendencia a patentar respecto a una actividad científica específica.

FIGURA 2.6
RELATIVE SPECIALIZATION INDEX



Fuente: tomado de World Intellectual Property Indicators 2009.

Hay que destacar que el patentamiento no ofrece por sí solo la recuperación de la inversión hecha durante el desarrollo del producto, ya que este sólo es un paso intermedio que debe cubrirse en el proceso conducente a la comercialización del bien o servicio¹²⁵, sin embargo, sí es útil para proteger la inversión hecha pues aísla a la competencia respecto a los bienes o servicios que en un futuro puedan derivar de dicha patente.

➤ **Inversión.**

En la actualidad el Estado y la empresa global son las principales fuentes de financiamiento de las investigaciones biotecnológicas; el Estado tiene por objetivo ya sea resolver un problema estructural (por ejemplo de salud) o bien respaldar financieramente la entrada al mercado de una nueva empresa que sin su apoyo le sería imposible acceder; las empresas siguen una estrategia dual: tienen sus propios departamentos de I&D y crean alianzas con pequeños laboratorios institucionales o particulares, lo cual supone la cesión de los derechos de comercialización.

Las alianzas establecidas entre los agentes son benéficas en ambos sentidos, entre otros, porque la empresa pequeña se beneficia a través de la transferencia de equipo e instalaciones cuyos costos le serían imposibles de cubrir por sí sola además de poder resistir eventuales cambios en el mercado producto de los ciclos económicos; en tanto que a las empresas globales y al Estado les permite reducir riesgos y acercarse a la frontera de la innovación sin necesidad de crear estructuras propias además de reducir la eventual competencia o los altos costos derivados del pago de patentes.¹²⁶

Sin embargo, un inconveniente importante radica en la limitación del campo de acción, por una parte las empresas globales estarán interesadas en financiar aquellos proyectos que tengan mejores expectativas comerciales; por otra el Estado optará por dar prioridad a proyectos que se engloben en la PCT coartando la capacidad creativa teniendo como consecuencia el abandono de investigaciones que podrían representar grandes avances en el largo plazo.

En este contexto, se ha identificado que las áreas referidas a la salud humana son a las que han fluido la mayor cantidad de recursos financieros que en el período 2000-2005 recaudó el 79% de la inversión siendo las empresas biofarmacéuticas¹²⁷ las mayores beneficiadas, estas empresas han centrado su interés en combatir las enfermedades de mayor prevalencia¹²⁸ como el cáncer, las enfermedades neurológicas (Alzheimer, Parkinson, Epilepsia, etc.), las inmunológicas (Artritis Reumatoide, Esclerosis Múltiple) así como las enfermedades infecciosas (VIH, Hepatitis) y las metabólicas (Diabetes, Obesidad).

Respecto a la inversión (gasto) total en I&D¹²⁹ pública y privada, los países miembros de la OCDE en 2005 destinaron \$50,200 millones de dólares, se estima que para el año 2030 todas las aplicaciones del sector analizado podrían representar cerca del 3% del PIB de

¹²⁵ Recuérdese que los productos biotecnológicos deben pasar otros filtros como la aprobación por parte de las autoridades sanitarias antes de su comercialización.

¹²⁶ Ejemplo de la efectividad de estas alianzas se puede observar en la reducción de costos en I&D que tuvo la industria del maíz en EUA cuando recibieron subsidios por parte de la National Science Foundation.

¹²⁷ Estas empresas tienen como misión el descubrimiento, desarrollo y comercialización de fármacos.

¹²⁸ Es importante destacar el reducido monto destinado al desarrollo de vacunas y dispositivos de diagnóstico que apenas alcanzó el 7% de la inversión total de las bioindustrias durante el periodo de estudio 2000-2005, esto pone de manifiesto el interés económico y no el social que tienen los agentes involucrados en las bioindustrias; por ello la responsabilidad que tiene el Estado en promover el DCT orientado a las necesidades sociales de prevención de la enfermedad aunque ello represente una afrenta al mercado farmacéutico.

¹²⁹ Considérese que el gasto en I&D es el más importante en la generación de productos tecnológicos (véase el capítulo I).

los países de la OCDE y posiblemente una proporción mayor del PIB conjunto de los países en vías de desarrollo (Boletín Estadístico Tecnológico; 2010).

En este rubro EUA ha sido el principal promotor de las bioindustrias con una inversión promedio de \$14,867 millones de dólares (ver figura 2.7) entre 1998 y 2007, el gasto en I&D en 2008 hecho por parte de las compañías públicas ascendió a \$25,270 millones de dólares aproximadamente cinco veces más (\$5,171 millones de dólares) que lo invertido por las compañías públicas europeas que ocupan el segundo lugar; por su parte las compañías privadas estadounidenses para ese mismo año gastaron en I&D \$5,100 millones de dólares mientras que el europeo llegó a los \$3,055 millones de dólares.

Lamentablemente para el caso mexicano no se dispone de esta estadística; sin embargo, el gasto total destinado a la ciencia y desarrollo tecnológico (incluida la biotecnología) en 2007 fue de \$35,382 millones de pesos, cifra muy inferior a lo destinado por otras economías¹³⁰ que han decidido ser jugadores activos del paradigma biotecnológico.¹³¹

FIGURA 2.7
COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DEL FINANCIAMIENTO DEL SECTOR BIOTECNOLÓGICO ESTADOUNIDENSE



Fuente: elaboración propia con base en Beyond Borders Global Biotechnology Report; 2009.

Según el área de negocio, el capital de riesgo se ha concentrado en seis líneas de desarrollo:

1. **Biofarmacéutica.**
2. **Diagnóstico molecular, genético y vacunas.**
3. **Terapia celular y génica.**
4. **Agrobiotecnología.**
5. **Bioprocesos industriales y bioquímica.**
6. **Desarrollo y servicios tecnológicos.**

¹³⁰ Es el caso de Canadá que en 2008 destinó \$703 millones de dólares o Australia cuyo monto ascendió a \$499 millones de dólares a la I&D biotecnológico.

¹³¹ Al no destinar recursos financieros suficientes y carecer de políticas macroeconómicas claras en cuanto a las directrices que habrán de regir el desarrollo científico y tecnológico, difícilmente podremos insertarnos en el paradigma biotecnológico perdiendo la oportunidad de obtener los beneficios que de él emanen y por el contrario incrementando nuestra dependencia con el exterior.

De ellas, la biofarmacéutica¹³² es la que ha mostrado ser la de mayor interés para los inversores que para el periodo 2000-2005 concentró el 65% de la inversión global referente a las bioindustrias.

En este caso la economía estadounidense ha seguido una estrategia enfocada a explotar cuatro grandes áreas de desarrollo: abasto agropecuario, desarrollo de nuevos fármacos, creación de dispositivos médicos y desarrollo de pruebas médicas. Así mismo ha sabido capitalizar su inversión (ver cuadro 2.7), en 2008 la capitalización estimada del mercado biotecnológico estadounidense fue de \$343,800 millones de dólares (Ernst & Young; 2009).

La estrategia seguida por la comunidad europea es similar a la estadounidense pues focaliza su investigación biotecnológica en la salud humana, industria sustentable y el sector agropecuario; de ellas la biofarmacéutica es, al igual que el caso estadounidense, la que concentra la mayor parte del capital de riesgo obteniendo el 66% de lo invertido entre el año 2000 y el 2005.

Otras naciones como India, Brasil o Australia han comenzado a especializarse en mercados como el farmacéutico, energético, agroindustrial o alimenticio; Brasil ha logrado abasto energético desarrollando bioetanol y la India ya desarrolla fármacos propios reduciendo así su dependencia con el exterior.¹³³

**CUADRO 2.7
COMPORTAMIENTO FINANCIERO DEL SECTOR BIOTECNOLÓGICO ESTADOUNIDENSE EN 2009**

Bioscience Financial Performance by Subsector and Net Income, FY 2009						
Bioscience Subsector	Net Income	Number of Public Firms in Dataset	FY 2009 Revenue		FY 2009 Net Income	
			\$ Millions	% of Industry	\$ Millions	% of Industry
Agricultural Feedstock & Chemicals	Positive	20	\$116,711		\$8,379	
	Negative	14	\$3,531		\$(645)	
Subsector Total		34	\$120,242	21%	\$7,734	10%
Drugs & Pharmaceuticals	Positive	98	\$322,088		\$66,343	
	Negative	285	\$7,574		\$(8,334)	
Subsector Total		383	\$329,661	57%	\$58,009	78%
Medical Devices & Equipment	Positive	84	\$89,913		\$11,897	
	Negative	98	\$16,103		\$(4,776)	
Subsector Total		182	\$106,016	18%	\$7,121	10%
Research, Testing, & Medical Laboratories	Positive	22	\$20,152		\$1,910	
	Negative	28	\$1,278		\$(231)	
Subsector Total		50	\$21,430	4%	\$1,680	2%
Total Biosciences	Positive	224	\$548,863		\$88,529	
	Negative	425	\$28,485		\$(13,985)	
Industry Total		649	\$577,349	100%	\$74,544	100%

Fuente: tomado de State Bioscience Initiatives; 2010.

➤ RH.

¹³² Dentro del sector biotecnológico, la principal área de destino de las inversiones a nivel mundial es el Desarrollo y Descubrimiento de Fármacos: representa un 57% de las inversiones realizadas en Biotecnología, dentro de esta área destacan las inversiones realizadas en empresas dedicadas a oncología (24%) y neurología (19%) (Sala y Reinoso, 2007).

¹³³ Mucho se ha criticado a la India de no hacer valer los derechos de propiedad intelectual y permitir a su industria farmacéutica copiar los desarrollos extranjeros mas aun así ha sabido aprender mediante la ingeniería inversa de la competencia extranjera, estrategia que Japón implementó hace 4 décadas cuando emergió el paradigma de la microelectrónica y las comunicaciones.

En 2008 el número de empleados en compañías públicas relacionadas con la industria biotecnológica fue de 200,760 personas a nivel mundial, de ellos el 63.85% (128,200) eran empleados por instituciones estadounidenses y el 24.43% fue empleado por compañías europeas, la producción per cápita estimada fue de \$515,600 dólares y de €228,853 respectivamente.

b) IMPACTO ECONÓMICO.¹³⁴

Este indicador presenta el interés económico que existe entre los agentes económicos por el desarrollo de industrias relacionadas con la biotecnología, entre las variables más relevantes del indicador encontramos: el número de empresas, las adquisiciones, las fusiones y las alianzas entre firmas (biotecnológicas y no biotecnológicas).

Como se dijo anteriormente la capacidad innovadora¹³⁵ es un elemento que ha otorgado a las empresas biotecnológicas un mecanismo de competitividad¹³⁶ que, además de resultar atractivo a diversos capitales, ha sido útil en la competencia con las grandes corporaciones del sector automotriz, energético o farmacéutico; empresas como: Amgen, Biogen Idec, Monsanto o Genzyme han obtenido un grado de autosuficiencia técnica, financiera y comercial que hoy por hoy les permite competir directamente¹³⁷ en diversos productos¹³⁸ con empresas de la magnitud de Merck, Pfizer o DuPont. Debido a ello diversas corporaciones han desarrollado estrategias de mercado enfocadas a adquirir¹³⁹, aliarse o fusionarse con las firmas biotecnológicas.

Dichas estrategias (ver cuadro 2.8) son consecuencia de las necesidades que se han creado en ambos lados, del lado de las corporaciones industrias como la farmacéutica al ver amenazada su cuota de mercado debido a la entrada de los medicamentos genéricos (resultado de la expiración de patentes); y por parte de las empresas biotecnológicas que han visto decrecer las líneas de financiamiento producto de las crisis económicas.

¹³⁴ Considérese que la producción biotecnológica pasó de obtener ingresos globales por \$22 mil millones de dólares en el año 2000 a poco más de \$89 mil millones en 2008 y que el valor de mercado del total de empresas biotecnológicas estadounidenses en este último año estaba calculado en \$360 mil millones de dólares.

¹³⁵ Jean-Paul Clozel presidente de Actelion Pharmaceuticals Ltd considera que en la industria biotecnológica la innovación es la que crea el valor y dota de ventajas competitivas a las firmas desarrolladoras, recordemos que de acuerdo a las teorías Evolucionista y la de los Ciclos Económicos la innovación juega un papel neurálgico en el contexto económico (ver capítulo I).

¹³⁶ Desde principios de 2009 más de 125 nuevas solicitudes de aprobación para medicamentos y de licencias biológicas están en revisión en EUA por parte de la FDA para su aprobación y futura comercialización, aproximadamente un tercio de estos productos fue desarrollado completamente o en sociedad con firmas biotecnológicas.

¹³⁷ Las diez primeras biotecnológicas del mundo acumulan juntas el 47% de las ventas mundiales de fármacos biotecnológicos, una cifra muy semejante a la de las diez primeras farmacéuticas tradicionales (con un 51% de cuota de mercado). Tan solo Amgen, la compañía biotecnológica líder mundial, se desmarca de esta fragmentación al alcanzar el 18% de cuota de mercado, frente al 9% de Pfizer, su homóloga en el ranking de farmacéuticas (Sala y Reinoso, 2007).

¹³⁸ Se estima que en los PD se ha dado ya un equilibrio entre los nuevos fármacos aprobados por las autoridades y los desarrollados por empresas biotecnológicas.

¹³⁹ En 2009 se dio la mayor adquisición estratégica dentro del mercado biotecnológico cuando la corporación Hoffmann-La Roche, el mayor fabricante del mundo de medicamentos para el cáncer, adquirió el 44% restante de la biotecnológica Genentech por un valor estimado de \$46,800 millones de dólares.

CUADRO 2.8
ADQUISICIÓN DE FIRMAS BIOTECNOLÓGICAS ESTADOUNIDENSES POR PARTE DE GRANDES CORPORACIONES

Selected 2008 US biotech M&As				
Company	Location	Acquired company	Location	Value (US\$m)
Takeda	Japan	Millennium	New England	8,800
Life Technologies	San Diego	Applied Biosystems	SF Bay Area	6,700
Eli Lilly	Other (Indiana)	ImClone	New York State	6,500
Kinetic Concepts	Texas	LifeCell	New Jersey	1,700
GlaxoSmithKline	UK	Sirtris	New England	720
ViroPharma	PA/Delaware Valley	Lev	New York State	618
Hologic	New England	Third Wave Technologies	Midwest	580
Johnson & Johnson	New Jersey	Omrrix	New York State	438
Galderma Pharma	Switzerland	CollaGenex	PA/Delaware Valley	420
Ipsen	France	Tercica	SF Bay Area	404
Novartis	Switzerland	Protez	PA/Delaware Valley	400
Teva	Israel	CoGenesys	Mid-Atlantic	400
Valeant	LA/Orange County	Dow Pharmaceutical Sciences	SF Bay Area	277

Fuente: tomado de Ernst & Young's; 2009.

En 2008 el valor estimado de las alianzas llevadas a cabo por compañías estadounidenses fue de \$30 mil millones de dólares, mientras que el mismo concepto que implicó compañías europeas llegó a los \$13 mil millones de dólares para el mismo periodo de estudio.

Relativo al número de empresas biotecnológicas en 2008 se contabilizaron 4,717 a nivel mundial, del total la Unión Europea ocupó el primer lugar con 1,836 firmas seguida de EUA con 1,717, este es el único indicador en donde Europa rebasó a EUA.

Finalmente desde que Genentech salió a Bolsa en 1980 y a pesar de haber experimentado muchos ciclos de altibajos (*boom-and-bust cycles*) en el mercado de valores, las bioindustrias han presentado un mayor crecimiento y solidez bursátil que el mostrado por otros sectores tecnológicos (ver figura 2.10).

FIGURA 2.10
COMPORTAMIENTO DE LOS PRINCIPALES ÍNDICES BURSÁTILES ESTADOUNIDENSES EN 2008



Fuente: tomado de Ernst & Young's, 2009.

c) APLICACIÓN.

Este indicador presenta un panorama general de la aplicación biotecnológica a través de la producción de bienes y servicios que exhiben mayor consumo y de los que se cuenta con una estadística, variables como el número de productos biofarmacéuticos que se encuentran en alguna fase de desarrollo¹⁴⁰ o el área cultivada con OGM son utilizadas por este indicador.

Actualmente hay más de 400 productos biotecnológicos enfocados a la salud humana (ver cuadro 2.9) en procesos clínicos que apuntan a más de 200 enfermedades (diversos tipos de carcinogénesis Alzheimer, enfermedades cardíacas, diabetes, esclerosis múltiple, SIDA y artritis).

De acuerdo a su indicación terapéutica entre 2008 y 2009 los biofármacos más importantes en función del número de pruebas clínicas fueron aquellos orientados al

¹⁴⁰ La producción de un biofármaco presenta las siguientes fases de desarrollo:

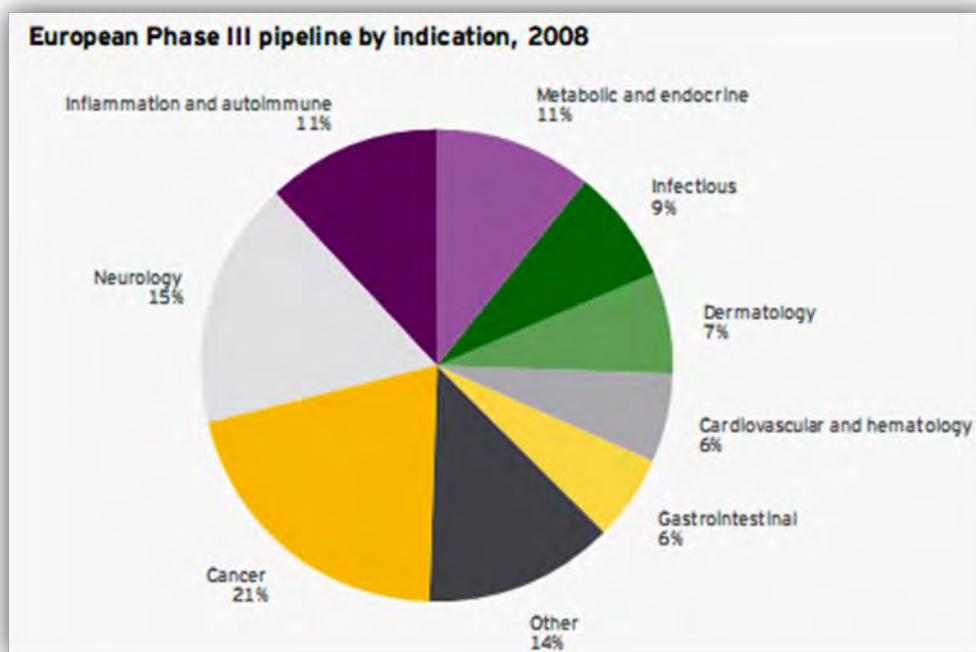
- Descubrimiento (2 a 10 años) - Verificación Preclínica (en laboratorios y animales).
- Fase I (Evaluación de la seguridad y dosis del medicamento en 20 - 30 voluntarios sanos).
- Fase II (Evaluación de la eficacia y efectos colaterales en 100 - 300 pacientes voluntarios).
- Fase III (Prueba del medicamento en 1000 a 5000 pacientes voluntarios para monitorear las reacciones del uso prolongado del mismo).
- Análisis y Aprobación del Medicamento por parte de la FDA (Food and Drug Administration).
- Pruebas postmarketing.

tratamiento de diversas carcinogénesis, enfermedades cardíacas y neurológicas (ver figura 2.11), tan solo en EUA había 3726 pruebas clínicas referías a estas tres indicaciones terapéuticas en 2009.

CUADRO 2.9 EJEMPLOS DE PRODUCTOS BIOFARMACEUTICOS		
Nombre comercial	Desarrollador	Indicación terapéutica
Avastin	Genentech	Cáncer colorrectal metastásico, cáncer de pulmón de células no pequeñas y el cáncer de mama metastásico.
Herceptin	Genentech	Cáncer de mama.
Cerezyme	Genzyme	Enfermedad de Gaucher.
Cleviprex	The Medicines Company	Hipertensión.
Recothrom	Zymogenetics	Detiene el sangrado durante intervenciones quirúrgicas.
Procrit	Johnson & Johnson Pharmaceutical Research & Development	Anemia.

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2.11
PORCENTAJE EUROPEO DE BIOFÁRMACOS EN FASE III SEGÚN SU INDICACION TERAPEUTICA



Fuente: tomado de Ernst & Young's, 2009.

El sector agropecuario es otro mercado en donde ha tenido éxito la BM gracias al cultivo de OGM que han ganado terreno a las tecnologías tradicionales debido al aumento en la demanda global, por tal razón, las industrias agropecuarias han incrementado el uso de OGM (ver cuadro 2.10) pasando de 1.6 millones de hectáreas sembradas en 1996 a 134 millones en 2009 (80 veces más que lo sembrado en 1996).

Respecto al cultivo de OGM EUA ha sido el principal productor, en 2009 destinó 64 millones de hectáreas¹⁴¹, le siguió Brasil con 21.4 millones y Argentina con 21.3 millones; México apenas llegó a las 100 mil hectáreas sembradas¹⁴² siendo el algodón y la soja los de mayor proporción.

CUADRO 2.10		
HECTÁREAS SEMBRADAS DE OGM EN EL MUNDO EN 2009		
PRODUCTO	HECTÁREAS (MILLONES)	PORCENTAJE SOBRE EL TOTAL DE TIERRA SEMBRADA
SOJA	69.30	77
ALGODÓN	16.17	49
MAÍZ	41.08	26
COLZA	6.51	21

Fuente: elaboración propia con datos del International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications; 2009.

Derivado de la escasez y erosión de la tierra, el cambio climático, la contaminación de suelos y aguas entre otros factores, han obligado a economías como China a recurrir a este tipo de tecnología la cual autorizó en 2009 el cultivo de arroz y el maíz con fitasa para hacer frente a la demanda de alimentos.

¹⁴¹ Aun cuando EUA fue el mayor productor de cultivos transgénicos en 2009, el mayor incremento del número de productores agrobiotecnológicos se registró en la India, donde hay 600.000 pequeños agricultores más que plantan algodón transgénico, que representa ahora el 87 % de todo el algodón frente al 80 % de 2008.

¹⁴² Esto se debe al rechazo por parte de la población y grupos de poder (científicos, políticos e industriales) respecto a los OGM; sin embargo, es una de las economías que mayor consumo de OGM tiene debido a que presenta una oferta deficitaria de granos y cereales situación que le ha obligado a importar stocks provenientes principalmente de EUA y que son OGM.

CAPÍTULO III
EL SECTOR SALUD EN MÉXICO.

"La medicina es el arte de disputar los hombres a la muerte de hoy, para cedérselos en mejor estado, un poco más tarde."

- Noel Clarasó.

III. EL SECTOR SALUD EN MÉXICO.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido como salud al estado de bienestar físico, mental y social¹⁴³, a partir de esta definición podemos afirmar que las enfermedades son una consecuencia, no solo de factores biológicos, sino, también, de la falta de desarrollo económico; teniendo en cuenta este argumento se ha elaborado el presente capítulo en el cual se presenta la situación actual del sector salud en México.

A continuación se muestra la forma en que se estructura el sector salud, la situación de la industria farmacéutica y las principales patologías que afectan a la población en México; el enfoque tecnológico con el cual se ha abordado el tema tiene la finalidad de exhibir la dependencia tecnológica que se tiene con el exterior¹⁴⁴ enfatizando con ello la relevancia que tiene el DCT propio en la búsqueda de la salud pública mexicana.

A. ESTRUCTURA Y ACTUALIDAD.

De acuerdo al Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos la salud es un derecho que posee toda persona cuya aplicación será en toda la República y sus disposiciones son de orden público e interés social.

Para cumplir tal objetivo se ha creado un Sistema Nacional de Salud (SNS) (ver figura 3.1) del que está a cargo la Secretaría de Salud (SSA), según lo dispuesto en el Artículo 7º de la Ley General de Salud (LGS); los objetivos de este sistema son la coordinación, concentración e inducción de los sectores público, social y privado teniendo como modelo de acción al Programa Nacional de Salud (PNS).

En dicho programa se encuentra la Política Sanitaria (PS) que habrá de llevarse a cabo y cuyos objetivos generales son: dar cobertura nacional de los servicios de salud, incrementar la salud de la población, promover la planificación familiar y promover la protección social; en todos los aspectos señalados se enfatiza la importancia de los grupos vulnerables (menores, ancianos y personas que presenten alguna carencia socioeconómica o invalidez) y aquellas poblaciones menos desarrolladas.

1. NATURALEZA DE LOS SERVICIOS DE SALUD.

Con la finalidad de poder concretar los objetivos planteados por la PS el SNS se ha sectorizado de acuerdo a la naturaleza de los servicios de salud (sistemas de atención médica, salud pública y asistencia social) establecidos en la LGS.

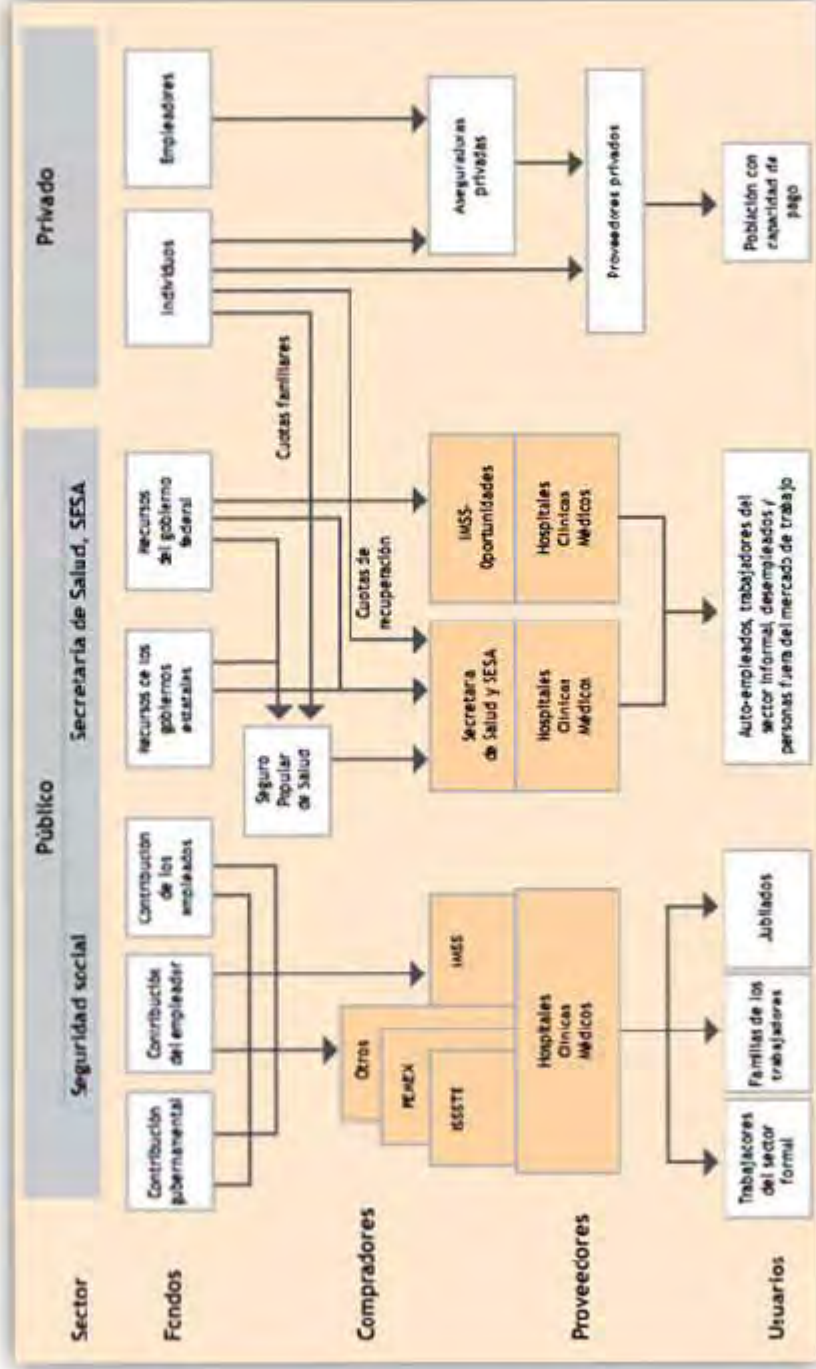
a) ATENCIÓN MÉDICA.

La atención médica se ha dividido en tres niveles que buscan satisfacer las necesidades de salud de la población de acuerdo a las necesidades sociales y al grado de complejidad de los problemas de salud que se susciten en la población:

¹⁴³ Al evitar definir la salud como la simple ausencia de enfermedad o invalidez se buscó cubrir todos aquellos aspectos que intervienen directa o indirectamente en la salud de los individuos.

¹⁴⁴ Considérese que es en los PD donde surgen la mayoría de innovaciones referidas al campo de la salud, en tanto que los PED siguen un patrón de dependencia resultado de la ausencia de desarrollo tecnológico endógeno.

FIGURA 3.1
SECTORIZACIÓN DEL SNS



Fuente: tomado del Programa Nacional de Salud 2007-2012; 2007.

1. En este nivel se focaliza en los problemas de salud más frecuentes y no complicados; en este nivel encontramos actividades de promoción y protección de la salud, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación; los recursos humanos que intervienen no requieren de una especialización y el equipo necesario es sencillo y portátil.
2. Se enfoca a necesidades poco frecuentes y con un mayor grado de complejidad teniendo en cuenta cuatro especialidades básicas: medicina interna, cirugía, obstetricia y pediatría; cuenta con actividades de diagnóstico, tratamiento, hospitalización y rehabilitación; requiere de equipo más complejo como unidades de radiología y laboratorios bioquímicos.
3. Busca dar solución a necesidades de salud raras o de gran complejidad, en este nivel debe existir una sinergia entre las entidades hospitalarias y las instituciones de I&D (universidades, institutos públicos y militares); el personal que interviene debe poseer un alto grado de especialización; requiere una infraestructura compleja y costosa.

En México se reconocen tres diferentes sistemas de atención médica:

1. **Estatal o público** integrado por:
 - a. Instituciones de seguridad social: Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Secretaría de la Defensa Nacional (SDN), Secretaría de Marina (SDM) y Petróleos Mexicanos (PEMEX).
 - b. Instituciones de asistencia pública: SSA y los Servicios Estatales de Salud (SESA).
 - c. Instituciones descentralizadas con subvención gubernamental: Instituto Nal. de Cardiología, Hospital Infantil, Instituto Nal. De Enfermedades Respiratorias, etc.
2. **Privado:** integrado por todos los establecimientos particulares que prestan servicios de atención a la salud (consultorios, clínicas, hospitales). Algunos de los principios por los cuales se rige este sistema y se diferencia del público son:
 - a. Mantener el secreto profesional, con excepción de aquellos casos regidos por la ley.
 - b. El individuo posee la libertad de elegir el médico que lo tratará.
 - c. El médico posee la libertad de prescripción.¹⁴⁵
3. **Medicina alternativa:** en este se incluyen todas aquellas prácticas de medicina no alopática como son la acupuntura, homeopatía, medicina tradicional, naturismo, herbolaria¹⁴⁶, etc.

b) SALUD PÚBLICA.

¹⁴⁵ Tal vez sea el más relevante pues con ello el médico tiene la libertad de prescribir marcas y no principios activos pudiendo favorecer el consumo de los productos farmacéuticos de aquel laboratorio con el que haya establecido algún acuerdo de beneficios, si bien se reconoce como una conducta que contraviene a la ética del profesional de la salud esto es una práctica popular en los sistemas privados de salud.

¹⁴⁶ Este tipo de medicina forma parte de la cultura mexicana, particularmente en las zonas rurales en donde el acceso a las nuevas tecnologías de salud es escasa o inexistente, también se han popularizado otros como la acupuntura o la homeopatía.

Tiene por objetivo crear, conservar y mejorar las condiciones deseables de salud de la población promoviendo en los individuos conductas, actitudes y valores conducentes a la salud individual y colectiva, también se conoce como promoción de la salud.

En ella intervienen diversas áreas como la educativa, laboral, medioambiental, protección civil, etc. Ejemplo de ella son programas como:

- Planificación familiar.
- Prevención y control de enfermedades.
- Promoción para el mejoramiento de la nutrición.

c) ASISTENCIA SOCIAL.

Hace referencia al conjunto de acciones encaminadas a modificar y mejorar las circunstancias de carácter social que impiden al individuo su desarrollo integral, así como la protección de personas en estado de necesidad. Entre las actividades que encontramos en la asistencia social están:

- Atención a personas que debido a alguna carencia socioeconómica o invalidez se vean impedidas de satisfacer sus necesidades básicas de asistencia y desarrollo.
- Atención a menores y ancianos en estado de abandono.
- Asistencia jurídica y de orientación social.

2. RECURSOS DEL SECTOR.

Los recursos con los que cuenta el sector salud se dividen en tres grupos: recursos humanos, recursos materiales y recursos financieros.

a) RECURSOS HUMANOS.

Los recursos humanos que intervienen en el sector salud se dividen en tres clases: médicos¹⁴⁷, enfermeras y trabajadores de servicios auxiliares (paramédicos y personal de diagnóstico y tratamiento).

En 2006 había 203,950 médicos laborando en todo el sector salud, 200,770 enfermeras y 43,219 trabajadores de servicios auxiliares para atender las necesidades de salud de 107.5 millones de habitantes¹⁴⁸, por cada 100,000 habitantes había 138.7 médicos, 186.7 enfermeras y solo 7 odontólogos; la tasa de crecimiento experimentada entre 1996 y 2006 del personal médico empleado por instituciones públicas fue del 46.52% y 192.56% en instituciones privadas (ver cuadro 3.1).

CUADRO 3.1						
PRINCIPALES INDICADORES DE RECURSOS HUMANOS DEL SNS POR TIPO DE INSTITUCION, 1996 A 2006						
(Por 100 mil habitantes)						
Año	Personal médico^a		Enfermeras		Odontólogos	
	Publico	Privado	Publico	Privado	Publico	Privado
1996	96 647	21 308	171 144	21 377	7 767	474
1997	101 607	18 157	172 294	22 750	8 148	416
1998	104 464	17 124	178 429	24 578	8 449	358

¹⁴⁷ Comprende médicos generales y especialistas.

¹⁴⁸ Con datos de CONAPO.

1999	106 081	19 209	184 264	25 142	8 764	420
2000	110 591	21 565	190 335	26 698	8 921	437
2001	112 681	38 587	192 046	30 343	8 973	696
2002	113 089	43 713	192 828	33 206	9 077	766
2003	83 697	48 730	175 492	33 952	7 042	780
2004	90 539	50 375	186 052	34 258	7 270	870
2005^b	101 607	55 173	158 497	37 697	6 893	973
2006^b	141 611	62 339	200 770	37 587	7 527	863

a. Comprende médicos generales, especialistas y médicos en adiestramiento.
b. Excluye información de SEDENA, debido a que la fuente reporta, que no proporcionó datos para este periodo.

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI.

b) RECURSOS MATERIALES.

Los recursos materiales comprenden todos aquellos instrumentos, maquinas e infraestructura como son: unidades de atención, camas, quirófanos y equipo necesarios para instrumentar los objetivos establecidos en el PNS.

En este grupo de recursos el sector privado también ha presentado los mayores incrementos para el periodo de estudio 1996-2006, de hecho, el sector publico solo presenta incrementos en el número de consultorios y quirófanos (ver cuadro 3.2).

Respecto a la tecnología de alta especialidad¹⁴⁹ (tomógrafos, aceleradores lineales, mastógrafos y los litotriptores) el sector público cuenta con el mayor número de unidades (ver cuadro 3.3).

c) RECURSOS FINANCIEROS.

Los recursos financieros del sector son diversos y están definidos por la clasificación funcional del gasto público; con los recursos públicos se financian dos tipos generales de operaciones institucionales: las de seguridad social y las dedicadas a atender a la población sin seguridad social; en tanto con los recursos privados se financian las actividades de una gran cantidad de prestadores de servicios que trabajan en consultorios, clínicas y hospitales. En 2005 del gasto total en salud fue de \$530,026 millones de pesos correspondiendo el 46% (\$243,812 millones) a gasto público y el 54% (\$286,214 millones) a gasto privado.

En el periodo comprendido entre 1990 y 2000 el gasto federal en el sector se incrementó un 64.01% (ver figura 3.2), en tanto que para el periodo comprendido entre el año 2000 y 2010 hubo una contracción del 29.62% producto de las reducciones presupuestales, la desinversión en el sector público y las crisis económicas.¹⁵⁰

¹⁴⁹ Definida por el PNS; este tipo equipo procede del exterior, son de alto costo y requieren de personal especializado para su operación y mantenimiento.

¹⁵⁰ Con datos de la Secretaria de Salud.

CUADRO 3.2
VARIACION PORCENTUAL DE RECURSOS MATERIALES SELECCIONADOS EN EL SNS
1996 – 2006

Año	Camas censables		Consultorios ^a		Quirófanos (salas)		Salas o gabinetes de radiología		Laboratorios de análisis clínicos	
	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público
1996	27052	75856	6948	45163	2831	2568	897	1857	607	1590
2006	34183	75364	12648	54765	4630	3435	1149	1136	891	1281
Variación	26.36	-0.65	82.04	21.26	63.55	33.76	28.09	-38.83	46.79	-19.43

a. Comprende consultorios de medicina general, especialidades, urgencias y otros.

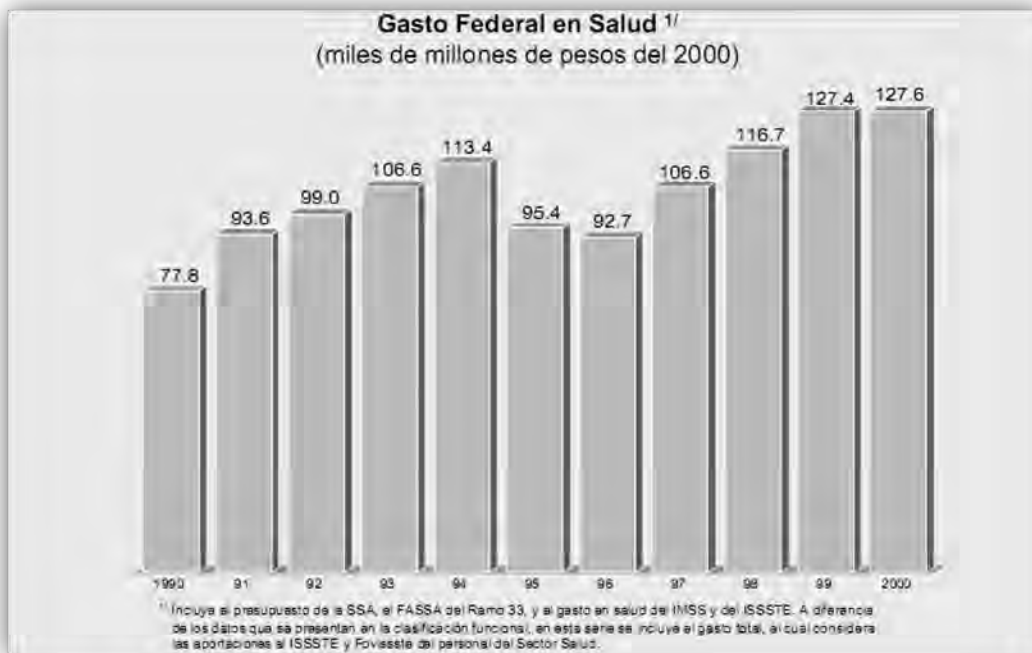
Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

CUADRO 3.3
EQUIPO DE ALTA ESPECIALIDAD

Tipo de equipo	Utilidad	Público	Privado
Tomógrafos	Permiten observar el interior del cuerpo humano a través de cortes transversales usando rayos X	175	185
Aceleradores lineales	Se utilizan para el tratamiento de diversos tipos de cáncer, como el de cabeza y cuello, testículos, próstata, mama y pulmón en estadios iniciales, entre otros.	30	ND
Mastógrafos	Útiles en el diagnóstico del cáncer de mama.	346	273
Litotriptores	Útiles para el tratamiento de los cálculos renales y vesiculares.	112	ND

Fuente: elaboración propia con datos del PNS; 2007.

FIGURA 3.2
COMPORTAMIENTO DEL GASTO PÚBLICO EN EL SECTOR SALUD.



Fuente: tomado de El Presupuesto de Egresos de la Federación Egresos de la Federación 1995-2000; 2007.

En 2010¹⁵¹ el Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) ascendió a \$3.17 billones de pesos de ellos el 2.83% se destinó al sector salud (\$89,892,930,927) de los cuales \$71.7 millones de pesos fueron destinados al DCT¹⁵² y solo \$11.5 millones de pesos al desarrollo de procesos de calidad e innovación (ver cuadro 3.4).

CUADRO 3.4	
PRESUPUESTO DE EGRESOS DE LA FEDERACIÓN PARA EL EJERCICIO FISCAL 2010	
RESUMEN DEL GASTO TOTAL EN SALUD EN 2010	
GASTO NETO TOTAL (pesos)	89,892,930,927
PREVISIONES SALARIALES Y ECONÓMICAS (pesos)	
Incremento a las percepciones	734,859,700
Creación de plazas	0
Otras medidas de carácter económico, laboral y contingente	38,676,758
Total	773,536,458
EROGACIONES PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA POBLACIÓN INDÍGENA	2,626.50
(millones de pesos)	
Atención de la Salud Reproductiva y la Igualdad de Género en Salud	2.2
Cooperación internacional en salud	6
Programa Comunidades Saludables	10.2
Caravanas de la Salud	74.1
Seguro Popular	1,688.40

¹⁵¹ En este año México fue el país que menos invirtió en el sector salud de los países miembros de la OCDE, así mismo se estimó que por lo menos 60% de dicho gasto proviene del ingreso familiar y el resto forma parte de la aportación que hace el gobierno federal.

¹⁵² Quiere decir que solo un 0.002% del PEF en 2010 fue destinado a actividades de DCT orientadas a la salud.

Infraestructura	
Programa de atención a las condiciones de salud en el medio rural	27,387.30
Salud en población rural	19,787.30
Ramo 19 Aportaciones a Seguridad Social	7,600.00
EROGACIONES PARA LA IGUALDAD ENTRE MUJERES Y HOMBRES (millones de pesos)	2,635.70
Formación de recursos humanos especializados para la salud (Hospitales)	12.2
Investigación y desarrollo tecnológico en salud	63.7
Prestación de servicios en los diferentes niveles de atención a la salud	542.2
Prevención y atención contra las adicciones	20
Calidad en Salud e Innovación	11.5
Promoción de la salud, prevención y control de enfermedades crónico degenerativas	9
Prevención y atención de VIH/SIDA y otras ITS	56.6
Atención a la Salud Reproductiva y la Igualdad de Género en Salud	692.4
Reducción de la Mortalidad Materna	259.5
Prevención contra la obesidad	162.4
Programas de Atención a Familias y Población Vulnerable	382
Programa de estancias infantiles para apoyar a madres trabajadoras	124.3
Programa para prevención y atención del cáncer cérvico-uterino	300
Atención a la salud reproductiva (GYR IMSS)	538.9
Control del Estado de Salud de la Embarazada (GYN ISSSTE)	197
APORTACIONES FEDERALES PARA ENTIDADES FEDERATIVAS Y MUNICIPIOS (pesos)	
Fondo de Aportaciones para los Servicios de Salud	53,100,077,838
PREVISIONES SALARIALES Y ECONÓMICAS DE LOS RAMOS 25 Y 33 (pesos)	
Fondo de Aportaciones para los Servicios de Salud	
Incremento a las percepciones	1,166,672,500
Creación de plazas	0
Otras medidas de carácter económico, laboral y contingente	107,805,338
Total	1,274,477,838
PROGRAMA DE DESARROLLO HUMANO OPORTUNIDADES (millones de pesos)	4,926.50
ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA (pesos)	400,000
ADECUACIONES APROBADAS POR LA H. CÁMARA DE DIPUTADOS (pesos)	
Proyecto PEF	89,363,655,045
Reducciones	4,410,124,118
Ampliaciones	4,939,400,000
Reasignaciones	529,275,882
Presupuesto Aprobado	89,892,930,927
Fondo de Aportaciones para los Servicios de Salud	53,100,077,838
EROGACIONES PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LOS JÓVENES (pesos)	2,084,300,000.00
Centro Nacional para la Salud de la Infancia y la Adolescencia	1,214,800,000.00
Prevención y Atención contra las Adicciones	869,500,000.00
AMPLIACIONES A SALUD (pesos)	4,939,400,000
FONDO DE APORTACIONES PARA LOS SERVICIOS DE SALUD A LA COMUNIDAD	974,450,000
AMPLIACIÓN PARA EL EQUIPAMIENTO Y OBRA EN UNIDADES MÉDICAS DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS	2,122,000,000
CONCLUSIÓN DE OBRA EN UNIDADES MÉDICAS FEDERALES	287,550,000
OBRA NUEVA Y TERMINACIÓN DE UNIDADES MÉDICAS DE LAS ENTIDADES FEDERATIVAS	390,000,000
FONDO PARA LA ATENCIÓN A PERSONAS CON DISCAPACIDAD	250,000,000
EROGACIONES PARA LA IGUALDAD ENTRE MUJERES Y HOMBRES 1/	915,400,000
PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DEL CÁNCER CERVICO-UTERINO Y MAMARIO	300,000,000
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN SALUD	8,000,000
PRESTACIÓN DE SERVICIOS EN LOS DIFERENTES NIVELES DE ATENCIÓN A LA SALUD	43,000,000
PROMOCIÓN DE LA SALUD, PREVENCIÓN Y CONTROL DE ENFERMEDADES CRÓNICO DEGENERATIVAS Y TRANSMISIBLES Y LESIONES	9,000,000
PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE VIH/SIDA	10,000,000
ATENCIÓN DE LA SALUD REPRODUCTIVA Y LA IGUALDAD DE GÉNERO EN SALUD	525,400,000
FONDO DE APORTACIONES PARA LOS SERVICIOS DE SALUD A LA COMUNIDAD (pesos)	974,450,000

RECURSOS PARA ATENCIÓN A GRUPOS VULNERABLES (pesos)	2,696,215,379
Secretariado Técnico del Consejo Nacional para las Personas con Discapacidad (Fondo para la atención a personas con discapacidad)	259,046,582
Centro Nacional de Investigación y Atención a Quemados, Instituto Nacional de Rehabilitación	243,000,000
Prestación de servicios en los diferentes niveles de atención a la salud (Hospital Infantil Federico Gómez)	647,102,035
Prevención y atención de VIH/SIDA y otras ITS	140,356,449
Programas para la Protección y Desarrollo Integral de la Infancia	133,178,995
Asistencia Social y Protección del Paciente en el DIF Nacional	221,681,309
Programas de Atención a Personas con Discapacidad	234,415,445
Prestación de Servicios en los diferentes niveles de atención en el DIF Nacional	435,474,496
AMPLIACIÓN A DEFENSA NACIONAL (pesos)	
SERVICIOS DE SALUD AL PERSONAL MILITAR Y SUS DERECHOHABIENTES	250,000,000

Fuente: elaboración propia con base en el PEF; 2010.

Según lo dispuesto en el PEF 2010 y de acuerdo a la operación del Sistema de Protección Social en Salud, los recursos federales que se transfieren a las entidades federativas por concepto de cuota social y aportación solidaria federal se ejercen de la siguiente forma: el 40% corresponde a las remuneraciones del personal ya contratado directamente involucrado en la prestación de servicios de atención a los afiliados al Sistema; un 30% se destina a la adquisición de medicamentos, material de curación y otros insumos necesarios; un 20% para acciones de promoción, prevención y detección oportuna de enfermedades; y hasta el 6%, para el gasto operativo y para el pago de personal administrativo de la unidad de protección social en salud correspondiente a cada entidad federativa.

d) ESTRATEGIA HACIA EL 2030.

Con la finalidad de que en 2030 México cuente con un sistema de salud integrado y universal que garantice el acceso a los servicios esenciales de salud a toda la población, se han establecido en el PNS las directrices a seguir, para ello el SNS deberá ser un sistema:

- Integrado.
- Financiado predominantemente con recursos públicos, pero con participación privada.
- Regido por la Secretaría de Salud
- Sustentable.
- Centrado en la promoción de la salud y la prevención de enfermedades.
- Con un modelo de atención flexible y diseñado a partir de la transición epidemiológica y demográfica por la que atraviese el país.
- Con fuertes vínculos intersectoriales.

B. INDUSTRIA FARMACÉUTICA.

La Industria Farmacéutica (IF) pertenece al sector manufacturero dedicado a la fabricación, preparación y comercialización de productos químicos medicinales para el tratamiento y la prevención de las enfermedades.¹⁵³

De acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica (CANIFARMA), la industria farmacéutica está integrada por cuatro subsectores:

¹⁵³ Para efecto de los objetivos planteados en este trabajo, nos centraremos en el caso de los productos farmacéuticos o medicamentos orientados a la salud humana.

- La farmoquímica, que provee los insumos y materias activas a la farmacéutica en general.
- Los medicamentos destinados a los seres humanos o a animales, como son los alópatas, homeópatas y herbolarios.
- Los productos auxiliares de la salud, que incluyen el material de curación, los higiénicos y odontológicos.
- Los reactivos para diagnóstico.

1. ENTORNO ECONÓMICO.

En 2008 la IF tuvo una participación del 1.3% del PIB¹⁵⁴ total de la economía y represento el 7.8% del PIB manufacturero, en ese mismo año el mercado farmacéutico total se estimó en \$163,000 millones de pesos de los cuales el 79% correspondió al consumo privado y el 21% al sector público.

En el periodo de estudio 2000-2007 (ver cuadro 3.5) el numero de empleos que generó tuvo un incremento del 7.35%; el número de establecimientos se contrajo en 9.82%; la producción bruta se incrementó un 80.95%; el valor agregado se incrementó un 74.76% y la inversión total se contrajo un 25.35%.

CUADRO 3.5 PRINCIPALES INDICADORES ECONOMICOS DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA RAMA 3254: FABRICACIÓN DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS								
AÑO	NÚMERO DE ESTABLECIMIENTOS	PERSONAL OCUPADO	PRODUCCIÓN BRUTA	VALOR AGREGADO BRUTO	VALOR DE VENTAS DE PRODUCTOS ELABORADOS	INVERSIÓN BRUTA TOTAL	INVERSIÓN BRUTA FIJA	PAGOS POR PUBLICIDAD
MILES DE PESOS								
2000	112	45,315	66,238,015	33,510,146	58,033,931	3,551,234	2,599,124	4,079,165
2007	101	48,644	119,858,202	58,560,978	102,405,989	2,650,874	2,407,764	7,376,911
VARIACION	-9.82%	7.35%	80.95%	74.76%	76.46%	-25.35%	-7.36%	80.84%

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

En cuanto a su participación porcentual en el total del valor de la producción, el grupo de los productos de uso humano para especialidades aumentó considerablemente su aportación dentro del total, al pasar de 48% al 61% de 1998 a 2005 (ver figura 3.3), y los productos medicinales con acción antiinfecciosa disminuyeron de 26% al 19% en el mismo periodo (LATINPHARMA; 2006).

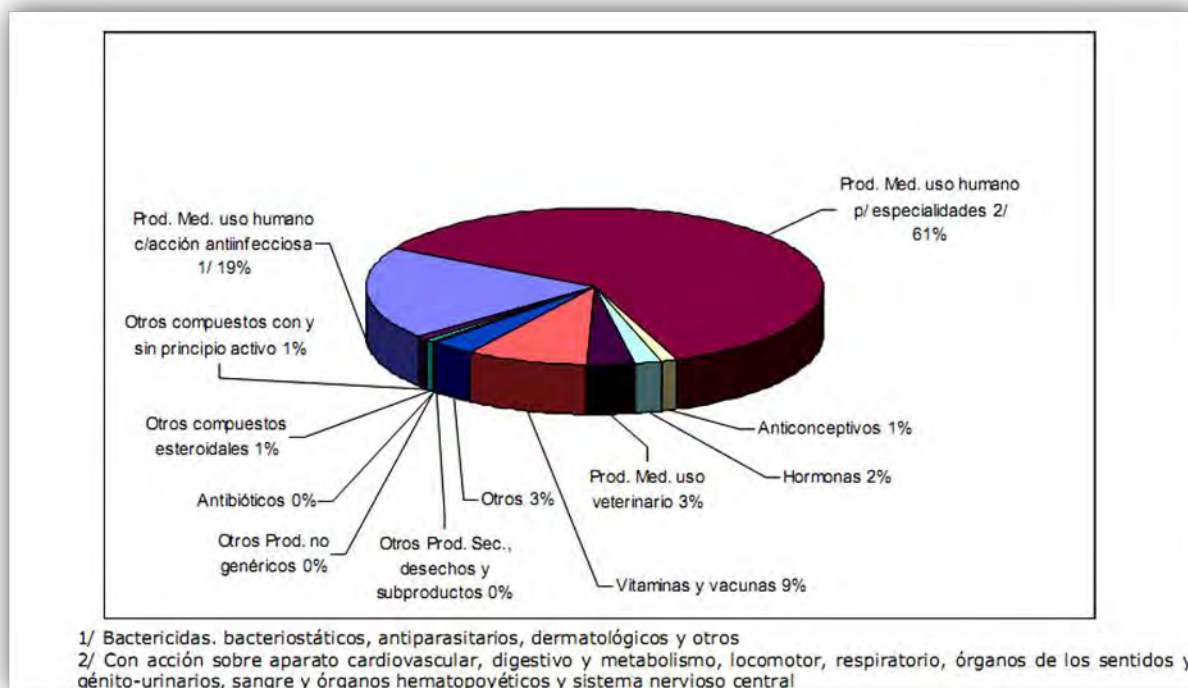
Los cambios en la producción de medicamentos responden a los distintos factores de consumo como pueden ser el comportamiento de la población, el perfil epidemiológico, las limitaciones del sector público o las condiciones climáticas.

De la venta total de productos elaborados el 13.35% correspondió a exportaciones con una participación del 0.46% de las exportaciones totales del mundo en 2006; la balanza comercial de esta industria es deficitaria (ver cuadro 3.6) resultado de la ausencia de DCT endógeno y dependencia con ET, entre el año 2003 y 2008 el déficit ascendió al 61.50%.¹⁵⁵

¹⁵⁴ La industria farmacéutica ocupa el tercer lugar en términos del valor de producción, solo por debajo de la refinación de petróleo y la fabricación de productos petroquímicos (Guerra y Gutiérrez; 2009).

¹⁵⁵ Considérese que del total de materias primas y auxiliares consumidas en 2007 el 67.91% correspondió a importaciones.

FIGURA 3.3
PRODUCCIÓN INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y FARMOQUÍMICA (2005)



Fuente: tomado del ESTUDIO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA DEL SECTOR FARMACÉUTICO-MEXICO; LATINPHARMA 2006.

CUADRO 3.6
IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES INDUSTRIA FARMACÉUTICA
DATOS EN MILLONES DE DÓLARES

Exportaciones	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Variación 2003-2008
Al mundo	164,860	187,999	214,233	249,999	271,958	292,666	77.52%
Medicamentos	911	1,144	1,119	1,076	1,146	1,107	21.51%
Dispositivos Médicos	1,143	1,236	1,516	1,596	1,870	2,236	95.63%
Reactivos de Diagnóstico	17	30	25	35	29	34	100.00%
TOTAL	2,071	2,410	2,660	2,707	3,045	3,377	63.06%
Importaciones	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Al mundo	170,551	196,810	221,820	256,130	282,041	308,849	81.09%
Medicamentos	1,677	2,045	2,272	2,845	3,196	3,835	128.68%
Dispositivos Médicos	523	664	916	936	970	1,122	114.53%
Reactivos de Diagnóstico	113	132	140	179	207	237	109.73%
TOTAL	2,313	2,841	3,329	3,960	4,373	5,194	124.56%

Fuente: elaboración propia con datos del portal web de CANIFARMA; 2010.

El gasto destinado a I&D en 2005 representó el 8.64% del total de la industria nacional; en 2008, se invirtieron, solamente en lo referente a investigación clínica, alrededor de \$1,100 millones de pesos y para 2009, \$1,350 millones, lo que representó un incremento del 22.73%.

En 2005 se realizaba investigación para 22 áreas terapéuticas, dentro de 2,025 investigaciones agrupadas en 425 protocolos. En estos proyectos de investigación participan más de mil instituciones en todo el país, de las cuales alrededor del 80% son

Instituciones públicas y el restante 20% son de carácter privado (ver cuadro 3.7), y más de 2,000 investigadores participan cada año de estos esfuerzos (CANIFARMA; 2010).

CUADRO 3.7	
INVESTIGACIÓN CLÍNICA 2009	
Instituciones Participantes	1,150
Instituciones Públicas	920 (80%)
Instituciones Privadas	230 (20%)
Número de investigadores	2,120
Número de Protocolos	650

Fuente: tomado del sitio electrónico de la CANIFARMA; 2010.

En lo concerniente a la competencia, la producción farmacéutica mexicana se escinde en un grupo reducido de 5 a 10 empresas que en 2005 controlaban entre un 32.1% y un 53.4% del mercado¹⁵⁶, los principales productores (ver cuadro 3.8) son ET¹⁵⁷, en conjunto las empresas de origen estadounidense representan el mayor porcentaje de ventas registrando un monto de \$27,437.50 millones de pesos en 2009.

CUADRO 3.8			
PRINCIPALES EMPRESAS FARMACÉUTICAS EN 2009			
Lugar	Empresa	País de origen	Ventas millones de pesos
1	Bayer de México	Alemania	13,096.10
2	Sanofi-Aventis	Francia	9,629.20
3	Roche	Suiza	7,919.40
4	Pfizer	EUA	7,501.40
5	Grupo Novartis México	Suiza	6,804.10
6	Wyeth	EUA	5,960.00
7	GlaxoSmithKline	Reino Unido	5,939.30
8	Bristol Myers Squibb	EUA	5,468.40
9	Boehringer Ingelheim México	Alemania	4,892.30
10	Eli Lilly de México	EUA	4,475.90
11	AstraZeneca	Suecia-Reino Unido	4,045.90
12	Merck Sharp & Dohme de México	EUA	4,031.80
13	Merck	Alemania	2,709.10
14	Genomma Lab	México	2,629.40
15	Laboratorios Silanes	México	1,000.00
16	Probiomed	México	818.3

Fuente: elaboración propia con datos de Las 500 empresas más importantes de México; **Expansión 2010**.

Ya que ningún laboratorio cuenta con una red de distribución propia hacia farmacias (existen más de 23,000 en toda la República), hospitales, clínicas, otros detallistas y consumidores; los laboratorios se auxilian en distintos distribuidores-comercializadores para poder hacer llegar sus productos.

En lo referente a la comercialización la situación es similar al caso de la producción, se encuentra altamente concentrada en agentes como Grupo Casa Saba y Nacional de Drogas quienes poseen los mayores contratos de abastecimiento con el sector público.

¹⁵⁶ Torres Guerra S, Gutiérrez JP. Mercado farmacéutico en México: tamaño, valor y concentración. Rev Panam Salud Publica. 2009;26(1):46–50.

¹⁵⁷ Esta situación se debe a que la mayoría de la farmacéutica nacional ha seguido una estrategia imitativa que busca nuevas indicaciones terapéuticas a los medicamentos ya existentes o bien produce medicamentos cuyas patentes hayan vencido; son pocos los proyectos de I&D farmacológicos que presenten carácter vanguardista, es decir, que se vea en ellos un potencial terapéutico y comercial relevante dentro de la I&D de IF global.

**CUADRO 3.9
PRINCIPALES COMERCIALIZADORES DE MEDICAMENTOS EN 2009**

Lugar	Empresa	Ventas millones de pesos
1	Grupo Casa Saba	28,400.10
2	Nacional de Drogas	27,000.00
3	Fragua Corporativo	16,751.70
4	Farmacias Benavides	9,945.00
5	Farmacias Similares	7,027.10
6	Maypo Farmacéuticos	4,107.00
7	Grupo Farmacón	903.5

Fuente: elaboración propia con datos de Las 500 empresas más importantes de México; **Expansión 2010**.

Destáquese que los tres primeros comercializadores superan en ventas a los propios productores en una proporción importante, por ejemplo las ventas de Grupo Casa Saba representó el 216.86% de las ventas de Bayer de México en 2009, esto tiene efectos directos en el precio final del producto y, por ende, en el acceso a los medicamentos, ya que al encarecerse el producto tanto el sector público como las economías familiares se ven obligados a destinar un mayor porcentaje de su renta a la adquisición de estos productos, reorientar el tratamiento a la medicina alternativa o bien dejarlo, lo cual en muchas ocasiones agudiza el problema de salud.

2. ASPECTOS DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA QUE INCIDEN EN EL SECTOR SALUD.

a) PROPIEDAD INTELECTUAL E INNOVACION.

Como se ha mencionado en capítulos previos los derechos de propiedad intelectual (DPI), incluidas las patentes, tienen como fin principal estimular la innovación a través de la apropiabilidad de las ganancias económicas concediendo un monopolio temporal al propietario de la patente.

En general este tipo de estrategias son benéficas en la construcción de una competitividad basada en DCT en donde el inventor se estimula a continuar buscando nuevas oportunidades tecnológicas; sin embargo, en el sector salud, debido a su importancia social, este tipo de políticas no han sido bien recibidas por la sociedad en general considerando que su aplicación no debería tener el mismo rigor que en sectores de menor importancia social como la microelectrónica.

La introducción de los DPI se dio durante la Ronda Uruguay, en ella la IF ejerció presión para conseguir cobertura universal para las patentes, argumentando los altos costos de I&D y la necesidad de recuperar la inversión¹⁵⁸ y poder de esa forma continuar con los procesos de innovación.

Como resultado de la presión ejercida por la IF¹⁵⁹ en la Ronda de Uruguay para reforzar la protección de los productos y los procesos farmacéuticos se desarrollaron distintos acuerdos entre los que destacan:

¹⁵⁸ Con respecto a esta argumentación, los representantes de la IF estiman que se requieren alrededor de \$800 millones de dólares de inversión para la I&D de una nueva entidad química, pero que los costos de copia representan una fracción ínfima del costo original (en la industria farmacéutica que hasta ahora se ha conocido; no así en la de base biotecnológica donde los costos de copiar resultan mucho más elevados).

¹⁵⁹ Según la publicación *Fortune* la industria farmacéutica es la que mayores rendimientos arroja y la que mayor solidez presenta debido en gran medida a las características oligopólicas resultado de la concentración de mercado y la introducción de los DPI.

- Ampliación del lapso de protección ofrecida por una patente a 20 años como mínimo a partir de la fecha de depósito de la solicitud (artículo 33).
- Extender la protección a los productos obtenidos directamente de un proceso patentado.
- Proteger los datos confidenciales entregados con la solicitud de aprobación de productos farmacéuticos (artículo 39).
- La obligación de los países miembro de adoptar las reglamentaciones concernientes a la protección de marcas comerciales y de dar su reconocimiento a los productos importados (se excluyen los métodos terapéuticos y quirúrgicos).
- Proteger las marcas de los productos farmacéuticos frente a los genéricos y medicamentos que no cumplan con las especificaciones.
- Brindar protección a los datos no divulgados (secretos comerciales).
- Otorgar los derechos exclusivos de la comercialización cuando una nueva invención obtenga un permiso de comercialización antes de la entrada en vigor de la nueva reglamentación de patentes.
- Opción a excluir del patentamiento aquellas invenciones cuya explotación comercial sea necesario evitar en su territorio para proteger la salud y la vida de las personas y de los animales o preservar los vegetales.

Aunadas a estas disposiciones México instauro otras reformas con motivo de su ingreso al TLCAN, las reformas que mayor impacto han tenido en este sector son:

- La paulatina liberación de los precios de los productos farmacéuticos.
- La descentralización de las compras de medicamentos de las instituciones federales.
- Las reformas a la Ley General de Salud de 1995 donde se determinó que los “medicamentos para uso y comercialización podrán ser identificados por sus denominaciones genéricas y distintivas, es decir, se recetará la sustancia activa que contienen y no la marca”.

Este escenario privatizador se vio afectado por la presión social y los defensores de los DPI decidieron flexibilizar el rigor de aplicación el 30 de agosto del 2003, en Ginebra, los entonces 146 miembros de la OMC acordaron que podría utilizarse la figura de *licencia obligatoria*¹⁶⁰ (sin consentimiento del propietario de la patente) para producir medicamentos destinados a la exportación dirigida hacia aquellos países con graves problemas sanitarios pero sin capacidad para producir genéricos, reconociendo así la importancia social que tiene el acceso a los medicamentos básicos.

Los defensores de los DPI creen que lo que ha funcionado para los países ricos también ha de funcionar para los países pobres: estímulo de la innovación y de la producción, atracción de inversiones y transferencia de tecnología, disponibilidad de medicamentos más eficaces, etcétera (Ortún Rubio; 2004). Sin embargo, no han considerado que históricamente economías como la estadounidense tuvieron que pasar por distintos procesos de aprendizaje tecnológico¹⁶¹ adaptando sus regímenes de propiedad intelectual partiendo de criterios como la política industrial o las necesidades del mercado interno.

En este contexto la PS interna debe tener en cuenta que los DPI representan barreras directas para el aprendizaje tecnológico y que al no desarrollar capacidades tecnológicas

¹⁶⁰ Esta disposición se encuentra en el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC) en su Art.31.

¹⁶¹ Durante la mayor parte del siglo XIX, Estados Unidos no concedía el «*copyright*» a los autores extranjeros argumentando que necesitaba libertad de copia para educar a una nueva nación.

propias se fomentará la sustitución de la industria doméstica por importaciones protegidas por patentes repercutiendo directamente en los costos de los medicamentos¹⁶² (y otros inputs).

También, es cierto que los altos costos relacionados con este tipo de innovaciones deberían ser compartidos por aquellos países que vayan a beneficiarse¹⁶³ y no solo recurrir a aspectos legales como el Art. 31 del ADPIC so pretexto de la necesidad sanitaria, pues solo se estaría fomentando la dependencia con el exterior.

b) PRECIOS

La política de precios de los medicamentos es otra de las variables que ha sido motivo de controversia pues afecta directamente al acceso a un tratamiento contra la enfermedad, los diferenciales en el costo del tratamiento entre las economías es uno de los argumentos que más han influido en la toma de decisiones, por ejemplo en EUA un tratamiento contra el SIDA en 2004 costaba hasta \$15,000 dólares por año, en otros países desarrollados no bajaba de los \$9,000, en Brasil llegó a \$3,000¹⁶⁴ y la India pudo reducir su costo a \$300 dólares para el mismo año de estudio.

Este resultado obedece a la introducción de medicamentos genéricos y a las políticas de precios en las cuales se consideran factores como: el valor terapéutico del medicamento, costo de tratamientos comparables, contribución del sector farmacéutico a la economía y/o precios del tratamiento en otros países.¹⁶⁵

Con la entrada al TLCAN México se vio obligado a permitir la fluctuación de los precios, considerando solo la variación de precios en otros países¹⁶⁶, esta liberalización aunadas a las prácticas desleales como sobrefacturación y anticompetitivas como el establecimiento de cárteles¹⁶⁷ han repercutió directamente en las adquisiciones por parte del sector público que tuvo que reajustar su presupuesto afectando a otras áreas del sector salud y a las economías familiares reduciendo su capacidad adquisitiva de medicamentos.

En ese tenor, un estudio realizado por la OCDE¹⁶⁸ estimo en 2005 que los precios de los medicamentos genéricos y de patente en México fueron 51% y 26% mayores que los promedios de la muestra, respectivamente; y que en conjunto los precios eran 7% mayores a los de EUA (ver figura 3.4). De hecho, los precios de los genéricos en México son aún más altos que los de patente en otros países.

¹⁶² Considérese al medicamento como un producto de primera necesidad y estratégico en la PS, pues incide negativamente en los costos del sector ya que puede prevenir o evitar necesidades de salud con mayores costos como hospitalizaciones, además de promover la competencia laboral evitando bajas laborales por enfermedad.

¹⁶³ Al respecto Mark McClellan, director de la FDA en 2002-2004, verbalizó en septiembre de 2003 que si los beneficios de la innovación estadounidense son globales, los costos de I&D de esa innovación también deberían globalizarse.

¹⁶⁴ Como consecuencia de la presión que la producción de genéricos provocó, Brasil consiguió negociar con Merck una disminución de 65% en el precio del Indinavir y de 59% en el precio del Efavirenz, medicamentos utilizados para combatir el SIDA.

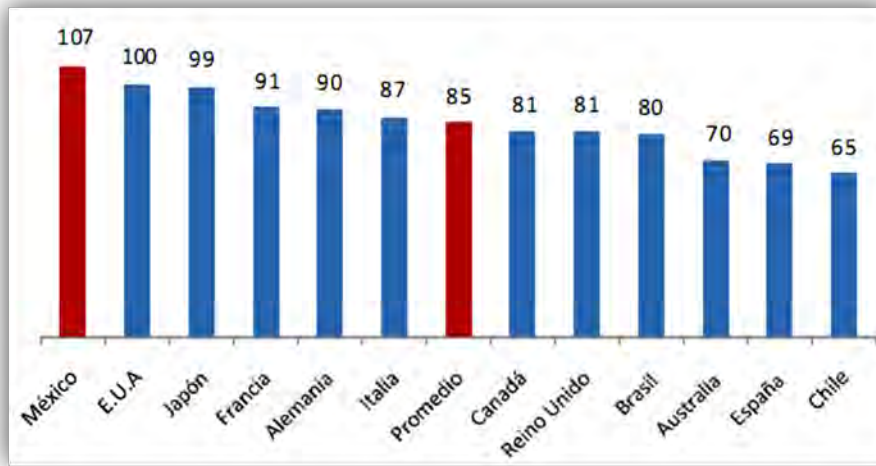
¹⁶⁵ Países como Corea del Sur, España o Bélgica toman en cuenta todos estos factores en la política de precios que regirá a su mercado.

¹⁶⁶ El TLCAN también afecto a Canadá pues se buscó impedir que utilizara la posibilidad de *licencia obligatoria* para exportar medicamentos a países pobres.

¹⁶⁷ En 2010 la Comisión Federal de Competencia (CFC), el órgano antimonopolios de México, sanciono con más 11.6 millones de dólares a Eli Lilly, Compañía-México, Laboratorios Cryopharma, Probiomed, Laboratorios Pisa, Fresenius Kabi México y Baxter por subir de manera concertada los precios de medicamentos y otros productos auxiliares que vendían al IMSS. Aunque no se consideró la intermediación de los comercializadores (ver cuadro 3.9).

¹⁶⁸ Este mismo estudio estimo que en México los consumidores podrían ahorrarse cerca de \$2,700 millones de dólares si se promoviera la competencia evitando las prácticas monopólicas y reduciendo la corrupción en el aparato estatal.

FIGURA 3.4
ÍNDICE DE PRECIOS AL PÚBLICO DE MEDICAMENTOS EN 2005
(EUA = 100, TIPO DE CAMBIO NOMINAL)



Fuente: tomado de Recomendaciones para promover un marco regulatorio más favorable a la competencia en el mercado farmacéutico; OCDE 2009.

c) **GENERICOS.**

En 1998 el Reglamento de Insumos para la Salud de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, hoy Secretaria de Salud, definió a los medicamentos genéricos intercambiables como aquellos que “con la especialidad farmacéutica con el mismo fármaco o sustancia activa y forma farmacéutica, con igual concentración o potencia, que utiliza la misma vía de administración y con especificaciones farmacopeicas iguales o comparables, que después de haber cumplido con las pruebas a las que se refiere el reglamento, ha comprobado que sus perfiles de disolución o biodisponibilidad u otros parámetros, según sea el caso, son equivalentes a las del medicamento innovador, y que se encuentra registrado en el Catálogo de Medicamentos Genéricos Intercambiables y se identifica con su denominación genérica”.

La necesidad de estos medicamentos surgió como resultado de los DPI promovidos por la Organización Mundial de Comercio (OMC) y la escasez de recursos económicos, técnicos y científicos para responder a las necesidades sanitarias en PED. Los genéricos entendidos, también, como medicamentos esenciales han beneficiado a diversas economías subdesarrolladas dándoles la oportunidad de acceder a estos productos a menores precios que los de marca y en algunos casos como Brasil, México, India o China han incrementado la participación industrial endógena reduciendo la dependencia con el exterior logrado una producción significativa.

Al tener un precio 70% menor a uno de marca, los genéricos extendieron su presencia en forma exponencial, en 1998, cuando fueron introducidos en México¹⁶⁹, la cuota de mercado apenas alcanzaba el 15% para 2009 ya representaban el 63% del total del mercado de medicamentos.¹⁷⁰

¹⁶⁹ En 2009 el mercado de genéricos en México fue superior al de Francia, España, Italia y Japón, pero inferior a la de EUA, Alemania y Canadá.

¹⁷⁰ Aun cuando los medicamentos de patente fueron equivalentes al 37% del volumen, representaron el 69% del valor del mercado de las medicinas en el país.

Al ver afectada su participación de mercado con la introducción de los genéricos la IF ha basado su estrategia de mercado en la diferenciación del producto a través de la marca y el desarrollo de campañas publicitarias enfocadas a desacreditar este tipo de medicamentos. Por su parte la IF global ha buscado frenar la producción de genéricos argumentando la necesidad de prevenir la eventual inundación de los mercados de los países desarrollados con genéricos baratos producidos mediante licencia obligatoria, por lo que ha buscado se legisle la reexportación a países con precios más altos¹⁷¹.

d) AUTOMEDICACIÓN.

Los medicamentos se dividen en 6 clases según el riesgo que supone su medicación:

- Clase 1,2 y 3 son de alto riesgo y suministro controlado, tales como los narcóticos.
- Clase 4 son los antibióticos, antihipertensivos e hipoglucemiantes.
- Clase 5 y 6 son los productos de libre prescripción médica (*over the counter*).

De estos legalmente las clases 5 y 6 pueden ser ofrecidos a los consumidores sin necesidad de presentar prescripción médica de acuerdo a lo establecido por la LGS en su Art. 226; sin embargo, la realidad dista mucho de lo previsto en las leyes y reglamentaciones, ya que la venta de fármacos en México ha quedado a discreción del comercializador que en la mayoría de las transacciones hace caso omiso sobre los riesgos que involucra la venta de medicamentos sin prescripción¹⁷², anteponiendo con ello el interés económico.

El consumo de medicamentos y en particular la automedicación en México, ha sido referido en pocos estudios. Éstos indican que la autoatención a la salud se manifiesta a través de dos fenómenos claramente identificables: a) la autoprescripción, que consiste en el consumo de medicamentos que requieren receta médica y son adquiridos sin ella y b) la automedicación que representa el consumo de fármacos de libre acceso (Gómez, Galar, Téllez, Carmona y Amaya; 2009).¹⁷³

Entre los problemas que suscitan la automedicación podemos mencionar:

- Dificultad en el acceso a servicios de salud de calidad.
- Desconocimiento del consumidor sobre efectos colaterales.
- Marketing farmacéutico.

En líneas anteriores se mencionó el cambio en las estrategias seguidas por la IF en la reestructuración que debió llevar a cabo debido al vencimiento de patentes y el ingreso de los genéricos, de las estrategias mencionadas el marketing ha sido el que mayor importancia ha tenido, de hecho los gastos en publicidad se incrementaron el 80% entre el año 2000 y 2007 (ver cuadro 3.5). Esta estrategia ha buscado explotar las deficiencias del sector público¹⁷⁴ y la imposibilidad de acceder a servicios privados del promedio de la población.

¹⁷¹ Por ejemplo Canadá vio cómo su demanda externa de consumidores e intermediarios estadounidenses aumentó gracias a los bajos precios de estos medicamentos versus los ofrecidos por los oferentes estadounidenses.

¹⁷² La LGS no exige la presencia de un farmacéutico profesional en las farmacias que proporcione información al paciente sobre el uso racional de los medicamentos, asesore a éste en la compra de medicamentos de venta libre y que realice el acto de dispensación (Gómez, Galar, Téllez, Carmona y Amaya; 2009).

¹⁷³ Según la SSA el 85% de las automedicaciones no son necesarias y si crea problemas de salud que pueden derivar en la muerte.

¹⁷⁴ Incluso la IF ha ofrecido la automedicación a la SSA y a la Secretaría de Gobernación como una buena alternativa para el desahogo de presión que presentan los sistemas de salud públicos (KPMG; 2006).

Debido al riesgo que representa el uso inadecuado de los medicamentos desde los 80's la OMS ha promovido su uso racional y ha recomendado que este aspecto sea integrado en la PS. Estas recomendaciones se han focalizado, principalmente, en el uso de fármacos orientados a tratar enfermedades microbianas debido a que este tipo de patologías se agravan con el tiempo resultado de los procesos de adaptación (resistencia) que presentan los organismos.¹⁷⁵

En este contexto, en el año 2001, la OMS dio a conocer la Estrategia Global para Contener la Resistencia Antimicrobiana en la que se hacen algunas recomendaciones (ver cuadro 3.10) para mejorar el uso de medicamentos en general, y de los antibióticos en particular.

De acuerdo con investigaciones desarrolladas por el Instituto Nacional de Salud Pública y otras instituciones se ha documentado que:

- Los antibióticos representan el segundo lugar en ventas de farmacias a nivel nacional.
- El 40% de los antibióticos se venden sin receta médica.
- El mayor número de reportes de reacciones adversas a medicamentos (40%) en la población mexicana se atribuye al consumo de antibióticos.
- Alrededor del 70% de los pacientes con infecciones respiratorias y diarreicas agudas reciben recetas de antibióticos, cuando su uso se justifica solo en un 10 al 15%.
- La tasa nacional de resistencia a penicilina del *Streptococcus pneumoniae* (bacteria causante de infecciones comunitarias graves) es de alrededor de 60%, cifra superior a otros países de Latinoamérica.
- Hay elevadas tasas de resistencia bacteriana en patógenos transmitidos por alimentos, tales como *Salmonella* en las carnes crudas.

La venta de antibióticos está regulada por la LGS en su Art. 226 la cual señala la regulación de la venta de medicamentos clasificados como grupo IV (donde se incluyen los antibióticos) con prescripción médica; sin embargo, ante el escaso cumplimiento de las disposiciones legales en 2010 se optó por legislar su comercialización con base en una lista definida de antibióticos haciendo necesaria la prescripción médica para su venta.

Si tenemos en cuenta el número de puntos de venta (más de 23,000 farmacias) y que en la mayoría de los casos no existe un profesional de la salud que intervenga en la atención al público, difícilmente podrá esperarse obtener un cambio en los patrones de consumo sobre todo si la ética de los comercializadores está por debajo del interés económico.

Ante este escenario las soluciones en el corto plazo deberán enfocarse al acceso a fuentes de información confiables (folletos, trípticos, revistas o publicidad) con información actualizada, objetiva e independiente y que esté al alcance de la comunidad permitiéndole desarrollar una cultura sobre el uso de los medicamentos, además legislar el marketing de la IF buscando evitar que este induzca al autodiagnóstico y automedicación.

¹⁷⁵ En 2010 científicos británicos dieron a conocer un estudio sobre la propagación de una bacteria portadora de un gen denominado NDM-1 (Nueva Delhi metallo-b-lactamase 19), contenido en la enterobacteriaceae, grupo de bacterias inmunes a los antibióticos. La relevancia radica en la transgénesis que puede haber entre grupos bacterianos "locales" y la imposibilidad de tratar las infecciones con antibióticos comunes.

CUADRO 3.10
 RECOMENDACIONES INTERNACIONALES SOBRE UNA ESTRATEGIA NACIONAL PARA MEJORAR EL USO DE ANTIBIÓTICOS

Educación sobre medicamentos	Gestión de medicamentos en servicios de salud	Políticas farmacéuticas y regulación de medicamentos
<ul style="list-style-type: none"> • Educar en fármaco-terapéutica a estudiantes de pregrado en el área de la salud (médicos, enfermeras, dentistas, farmacéuticos), así como a profesionales en servicio, basándose en guías terapéuticas, lista de medicamentos esenciales (cuadro básico) y en la resolución de problemas clínicos. • Educar a estos grupos sobre los factores que influyen en sus hábitos de prescripción/dispensación. • Educar a la población sobre el uso apropiado de medicamentos. • Educar a profesionales de la salud y a los consumidores específicamente sobre el uso apropiado de antibióticos y el problema de resistencia bacteriana. • Generar y difundir información independiente sobre medicamentos útil para profesionales de la salud y para consumidores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar, promover el uso y actualizar guías de tratamiento nacionales, tomando en cuenta patrones de resistencia bacteriana. • Desarrollar, promover el uso y actualizar el cuadro básico de medicamentos, a partir de las guías terapéuticas. • Vigilancia epidemiológica sobre uso de antibióticos y resistencia bacteriana (RB) en los hospitales y en la comunidad. Retroalimentación a encargados de tomar decisiones. • Establecer un laboratorio nacional de referencia. • Desarrollar sistemas de supervisión, inspección y retroalimentación para la prescripción. • En hospitales: <ul style="list-style-type: none"> o Establecer comités terapéuticos, definir guías de profilaxis y tratamiento acorde a RB. o Asegurar el acceso y la calidad de los laboratorios de microbiología, y que la información producida se haga llegar a los prescriptores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un comité nacional multidisciplinario para coordinar políticas sobre uso de medicamentos, y un comité nacional para coordinar actividades sobre resistencia bacteriana. • Limitar el registro de medicamentos a aquellos que cumplan estándares de calidad, seguridad y eficacia. • Definir límites de la publicidad permitida. • Restringir la venta de antibióticos sólo con prescripción médica. Excepcionalmente podrán ser dispensados sin receta por profesionales capacitados. • Establecer requisitos para el ejercicio profesional de prescriptores y dispensadores que incluyan la capacitación continua sobre medicamentos. • Identificar y eliminar incentivos económicos que promuevan el uso inadecuado de medicamentos. • Asegurar recursos para la instrumentación y cumplimiento de regulaciones. • Desarrollar indicadores para monitorear y evaluar el impacto de la estrategia.

Fuente: tomado de Uso de antibióticos en México: revisión de problemas y políticas; 2008.

e) PRODUCTOS —MLAGRO” Y PIRATERIA.

La aparición de los productos “milagro” y la piratería se dan en un contexto de ineficacia y corrupción de los sistemas de salud; falta de competencia en el sector salud (alta concentración de mercado); baja capacidad adquisitiva e ignorancia de los consumidores.

Con la finalidad de explotar a grupos vulnerables tomando en cuenta factores psicosociales, económicos y/o educativos, estos productos afectan la salud¹⁷⁶ y la economía de sus consumidores.

Los productos “milagro” ingresan al mercado con la promesa de resolver problemas estéticos y/o de salud¹⁷⁷ rápidamente y sin realizar una gran inversión¹⁷⁸, este tipo de productos legalmente figuran como suplementos alimenticios, cosméticos o productos de medicina alternativa (naturistas, homeopáticos o herbolarios), evitando de esa forma las reglamentaciones para ser ofertados como medicamentos aun cuando en su marketing son implícitamente ofrecidos como tales.

Estos productos son ofertados tanto por empresarios ajenos a la IF como por laboratorios farmacéuticos¹⁷⁹, para ello buscan vías legales simples y tramas de corrupción institucionales para conseguir algún tipo de autorización. Una vez autorizada la producción y/o comercialización se desarrolla una agresiva campaña publicitaria en donde se atribuyen propiedades al producto que no fueron presentadas ante la autoridad sanitaria.

Con ingresos anuales cercanos \$4,000 millones de pesos y con más de 1,500 empresas¹⁸⁰ dedicadas a venderlos, además del comercio informal; la dificultad para regular y prohibir su venta recae en gran medida en las complejas redes de distribución y comercialización que se han establecido.¹⁸¹

Por otra parte, los productos farmacéuticos apócrifos o piratas que engloban a las imitaciones que no contienen la cantidad adecuada del ingrediente activo o no tiene el ingrediente activo adecuado; medicamentos robados y/o caducos y simples pastillas carentes de sustancias activas; se han visto beneficiados, como en la mayoría de los casos de productos apócrifos, por los altos precios de los productos originales y la aparición del comercio electrónico.

¹⁷⁶ En 2009 el IMSS alertó a la SSA mediante un informe que una gran cantidad de productos milagro ofertados como suplementos alimenticios no sólo eran ineficaces, sino que además tenían efectos adversos en la salud, pues comportaban reacciones contraproducentes como dermatitis, diarrea, taquicardia, mala absorción de nutrientes y tránsito intestinal acelerado, principalmente.

¹⁷⁷ Según su demanda los de mayor importancia son los referidos para: la obesidad, disfunción eréctil e incremento de satisfacción sexual, calvicie, diabetes, diversas carcinogénesis y multipropósito (solución de infecciones intestinales, problemas cutáneos, etc.).

¹⁷⁸ En 2004 la COFEPRIS realizó un estudio a 95 productos milagro para bajar de peso y combatir otros padecimientos, 43 fueron retirados del mercado porque no cumplieron con el propósito con el cual se publicitaban.

¹⁷⁹ Fue el caso de Genomma Lab cuyo producto *Cicatricure* fue considerado peligroso para la salud según un estudio realizado por la SSA.

¹⁸⁰ Las principales productoras y/o comercializadoras son Genomma Lab, Omnilife, Herbalife, Naturezza y Biotanic que en conjunto representan cerca del 90% de estos productos.

¹⁸¹ Haciendo uso de fuerza laboral con bajos niveles educativos y aprovechando las altas tasas de desempleo y marginación, empresas como Omnilife emplean estrategias de ventas similares a las seguidas por aquellas denominadas *empresas pirámide* en donde se motiva al vendedor a través reconocimientos y premios, además de incentivarlo a sumar adeptos que se unan a la empresa, con ello se busca que los vendedores se conviertan en consumidores leales con lo que se asegura una cuota del mercado.

La OMS estima que 1 de cada 10 medicamentos en el mundo es falsificado¹⁸² y su participación de mercado va del 1% en los países desarrollados y altamente regulados en materia sanitaria, hasta un 30% en países subdesarrollados, principalmente en África, Asia y algunos lugares de Latinoamérica; en México se estima que asciende al 5% del mercado. Respecto a su procedencia se calcula que el 80% de estos productos apócrifos provienen de países asiáticos y no son fácilmente identificables debido a la calidad en la falsificación de empaques.

El alto volumen de transacciones comerciales internacionales ha hecho virtualmente imposible poder vigilar y reglamentar los flujos comerciales de estos productos apócrifos; frente a esta clase de problemas y al igual que en el caso de la automedicación las acciones inmediatas a realizar deberán enfocarse a informar a la comunidad sobre las consecuencias de su consumo desarrollando una cultura de responsabilidad compartida, sumado a ello se debe incrementar el trabajo de inteligencia policial con el objetivo de frustrar la mayor parte de estas transacciones y desarrollar sanciones legales que vayan más allá del aspecto monetario y de gran amplitud que incluya a toda persona involucrada en el ingreso al mercado de estos productos.

f) TECNOLOGIAS PARA LA SALUD.

Como hemos dicho previamente las innovaciones producto del DCT son un elemento crucial para el crecimiento y competitividad de este sector, la IF global orienta sus procesos de innovación considerando:

- El tamaño de mercado.
- Las economías de escala.
- La trascendencia de la novedad (innovación radical).
- La diseminación de los proyectos de innovación.
- El grado de competencia.
- El entorno institucional.

Una vez que se han seleccionado los proyectos de innovación a desarrollar, el ciclo tecnológico que sigue a estos proyectos presenta seis fases desde su descubrimiento hasta el inicio de la estandarización:

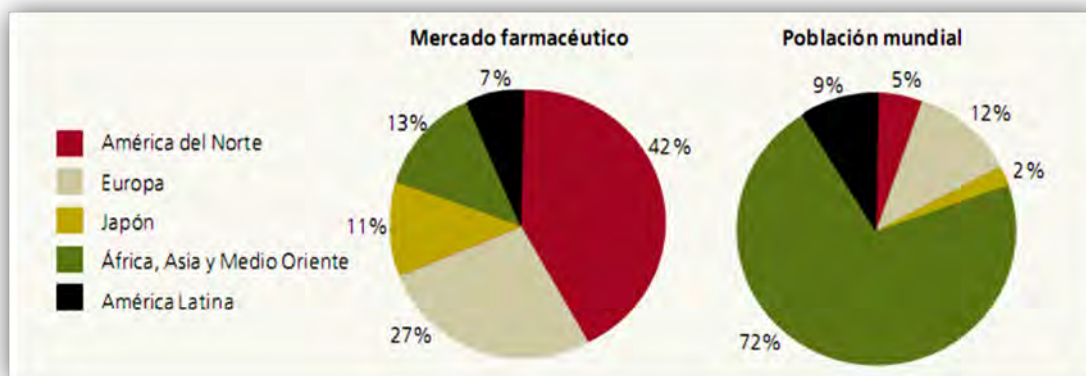
1. Descubrimiento o invención del producto o servicio.
2. Aplicación experimental en la práctica médica.
3. Valoración de la seguridad y eficacia mediante pruebas *in vivo*.
4. Desarrollo de la aplicación de programas de demostración y control con el objetivo de ponderar la introducción tecnológica al mercado.
5. Cristalización de la innovación mediante la introducción al mercado.
6. Difusión de la innovación entre los profesionales de la salud mediante la promoción y educación respecto al uso y/o instrumentación.

De acuerdo a la teoría del ciclo-producto (ver capítulo I) en la primera etapa de la producción de nuevos fármacos se realiza principalmente en PD derivado de la elevada capacidad adquisitiva de estos mercados y su manufactura se realiza en condiciones de monopolio producto de los DPI. A medida que el producto se va difundiendo y la competencia lanza productos equivalentes, la estandarización se materializa y, en teoría, los precios y la rentabilidad tienden a igualarse.

¹⁸² En Camboya esta cifra se eleva de forma alarmante pues se estima que 1 de cada 4 medicamentos es falso, lo que repercute significativamente en la salud pública de aquel país.

Considerando los factores que rigen los procesos de innovación tecnológica de la IF global, puede inferirse claramente que las motivaciones de beneficio económico están por encima del objetivo social de la salud humana por lo que se da prioridad a los proyectos de DCT orientados a patologías cuyo tamaño de mercado (ver figura 3.5) y capacidad adquisitiva de los consumidores sea lo suficientemente grande como para justificar el costo de lo invertido y presenten expectativas de ganancias altas.¹⁸³

FIGURA 3.5
DISTRIBUCIÓN DEL MERCADO FARMACÉUTICO COMPARADO CON LA POBLACION MUNDIAL EN 2002



Fuente: tomado de Foladori; 2004.

En ese contexto la hipótesis de la *transición epidemiológica*¹⁸⁴ ha sido determinante en la orientación del DCT en donde las enfermedades cardiovasculares, diversos tipos de carcinogénesis y neurológicas populares en economías desarrolladas se convirtieron en prioridad y captaron el mayor flujo de recursos financieros de la industria; esto tuvo como consecuencia el progresivo abandono del estudio de otras como la malaria, encefalitis o tuberculosis, enfermedades populares aun en países subdesarrollados.

Este hecho produjo una brecha¹⁸⁵ científica en la cual solo el 10% del financiamiento es destinado a I&D de tratamientos orientados a padecimientos responsables del 90% de la carga de la enfermedad mundial según la OMS.¹⁸⁶

Sin embargo, el incremento en las migraciones, el turismo internacional, el comercio exterior y el cambio climático han evidenciado la importancia que aún tienen las enfermedades infecto-contagiosas en el contexto internacional enfatizando el papel de las instituciones públicas en el DCT para el control y solución de este tipo de patologías.

En México la transición epidemiológica ha sucedido principalmente en las zonas con mayor grado de desarrollo económico; sin embargo, en zonas rurales y urbanas con bajos

¹⁸³ Es claro que el mercado no es el mejor asignador de recursos en ciencia y tecnología en el área de la salud por ello deberían rechazarse la aplicación de teorías económicas neoclásicas en la conducción de las políticas sanitarias.

¹⁸⁴ Este hecho hace referencia a la disminución de casos relacionados con enfermedades infecto-contagiosas y el aumento en las crónico-degenerativas como las cardiovasculares y diversas carcinogénesis.

¹⁸⁵ Algunos países subdesarrollados y organizaciones como la Global Forum for Health Research buscan corregir la brecha 10/90 a través de procesos de I&D y adquisición de grandes stocks de medicamentos orientados a este tipo de enfermedades.

¹⁸⁶ Aunado a ello podríamos agregar el caso de los medicamentos huérfanos destinados a tratar enfermedades raras, de escasa prevalencia (200.000 personas, por ejemplo, en el caso de EE UU) y cuya I&D es encargada casi en su totalidad a instituciones universitarias y a los que se les destinan muy pocos recursos.

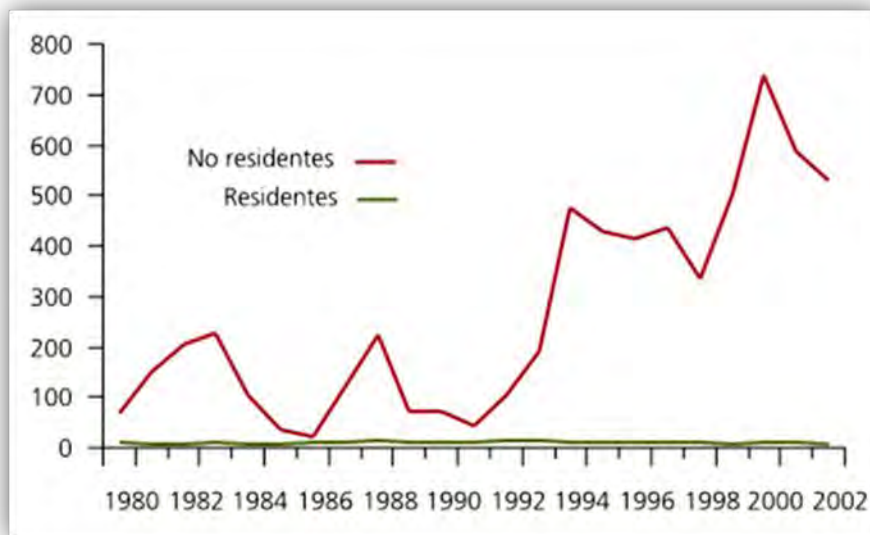
niveles de desarrollo económico las enfermedades infecto-contagiosas tienen mayor prevalencia.

Con respecto a la inversión, la IF global presenta una dinámica similar a lo que sucede en otros sectores como el biotecnológico (ver capítulo II), el Estado tiene una participación importante, por ejemplo en EUA cerca del 30% del I&D se efectúa en organismos públicos y más de dos tercios de los medicamentos con altas expectativas de ganancia son financiados con recursos públicos.

Aun cuando parte de las investigaciones farmacéuticas han sido financiadas con recursos públicos el beneficio social es reducido pues los beneficios son privativos de las grandes corporaciones que son las encargadas de introducir el nuevo medicamento en el mercado como medicina patentada; la principal forma en que se benefician es teniendo acceso a subsidios estatales o mediante la reducción de impuestos.

En México esto no sucede principalmente porque la mayor proporción de gasto en I&D ejercido por la IF nacional y extranjera está destinado a la investigación galénica que se encausa a actividades orientadas a la adopción o presentación del producto para su comercialización local, este escenario puede verificarse observando el comportamiento de las patentes concedidas a residentes, que en el periodo de 1991 a 2002 apenas llegó a 18, versus no residentes, que llegó a 3,698 para el mismo periodo de estudio (ver figura 3.6).

FIGURA 3.6
INDUSTRIA FARMACÉUTICA: PATENTES DE RESIDENTES Y NO RESIDENTES CONCEDIDAS EN MÉXICO 1980-2002



Fuente: tomado de Guzmán y Pluvia; 2004.

Esta relación demuestra que la actividad inventiva es realizada casi en su totalidad en el extranjero y que el patentamiento de las empresas extranjeras en México responde más a intereses comerciales que a una transferencia tecnológica¹⁸⁷, además, deja claro que la

¹⁸⁷ Considérese que las empresas extranjeras que operan en países subdesarrollados limitan su actividad a formular y empaquetar las materias primas importadas, es decir, no existe una actividad inventiva que se cristalice en innovaciones locales.

empresas nacionales focalizan su atención en los beneficios económicos más que a un DCT endógeno, es decir, han optado por seguir dependiendo de los desarrollos tecnológicos del exterior estableciendo procesos imitativos con un aprendizaje tecnológico marginal.

Finalmente, es importante señalar que el mercado nacional concerniente a la salud presenta diversas imperfecciones que afectan su funcionamiento y fomentan la dependencia con el exterior, de estas podemos destacar las siguientes:

- Generación de externalidades debido a la escasez de recursos destinados a este sector por parte del Estado.
- Incertidumbre respecto al costo del tratamiento y a la solución eficiente del problema, es decir, que el tratamiento de una patología derive en el desarrollo de otra.
- Información imperfecta por parte del consumidor resultado del desconocimiento técnico útil para la determinación de alternativas tecnológicas para una adecuada solución a su padecimiento de forma eficaz y a un costo mínimo (no puede maximizar sus beneficios).
- Es un mercado oligopólico que influye en la calidad y precio de los productos y servicios ofrecidos.

Considerando estas imperfecciones queda claro que la vía del mercado difícilmente podrá satisfacer las necesidades sociales de salud. En consecuencia, deberá recaer en el Estado la búsqueda de la asistencia total de la salud pública.

C. DIAGNOSTICO DE LA SALUD.

El diagnóstico de la salud de un país es resultado del conocimiento que se tenga sobre las variables socioeconómicas, demográficas y su perfil epidemiológico. A través de este diagnóstico se pueden formular políticas encaminadas a solucionar los problemas de salud desarrollando estrategias de prevención, contención y tratamiento de las patologías que presentan mayor incidencia en la población de ese país.

1. POBLACIÓN Y DERECHOHABIENCIA.

a) COMPORTAMIENTO DEMOGRÁFICO 1980-2010.

La población estimada del país en 2010 fue de 112,322,757 millones de habitantes, de estos el 51.16% eran mujeres y el 48.83% hombres; el número de habitantes presentó un aumento del 60.9% respecto a 1980.

La tasa anual de crecimiento disminuyó 1.73 puntos porcentuales localizándose en 0.77% (ver figura 3.7) y la tasa global de fecundidad pasó de un promedio de 4.8 a 2.05 hijos por mujer.

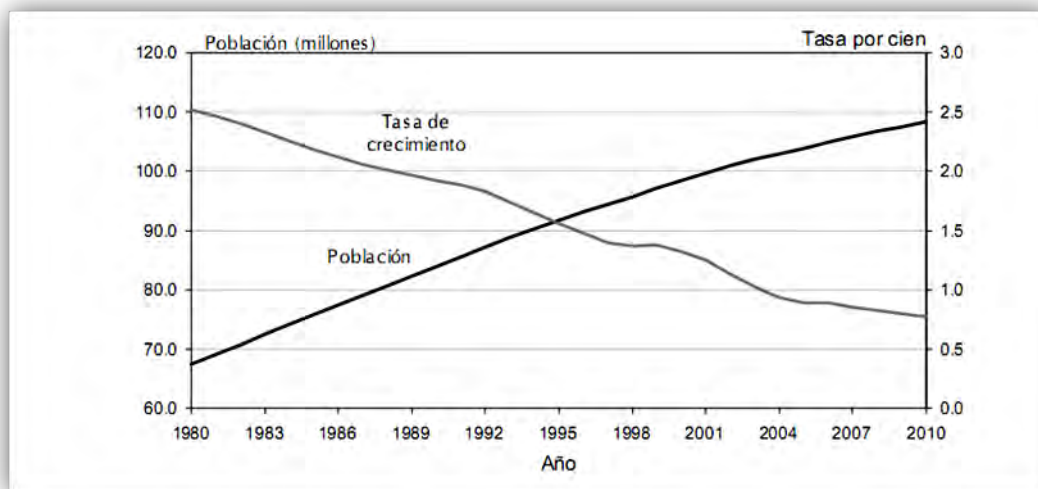
Según grupos de edad ha comenzado una transición demográfica dando inicio a un proceso de envejecimiento¹⁸⁸ en donde los mayores ratios de población están en los grupos de edades de 15 años o más; en 2010 la población en edad laboral (15 a 64 años) representó el 66.0% del total, los infantes en edad preescolar (0 a 4 años) el 8.8%, la

¹⁸⁸ Se produce cuando hay un descenso de la mortalidad general, un aumento de la esperanza de vida y la reducción de la natalidad.

población en edad escolar (5 a 14 años) el 19.4% y las personas de la tercera edad (65 o más) el 5.8% (ver figura 3.8).

Finalmente la densidad de población se incrementó el 67.65% registrándose 57 habitantes por kilómetro cuadrado y la población urbana (localidades de 2,500 y más habitantes) paso del 66.27% al 78%¹⁸⁹.

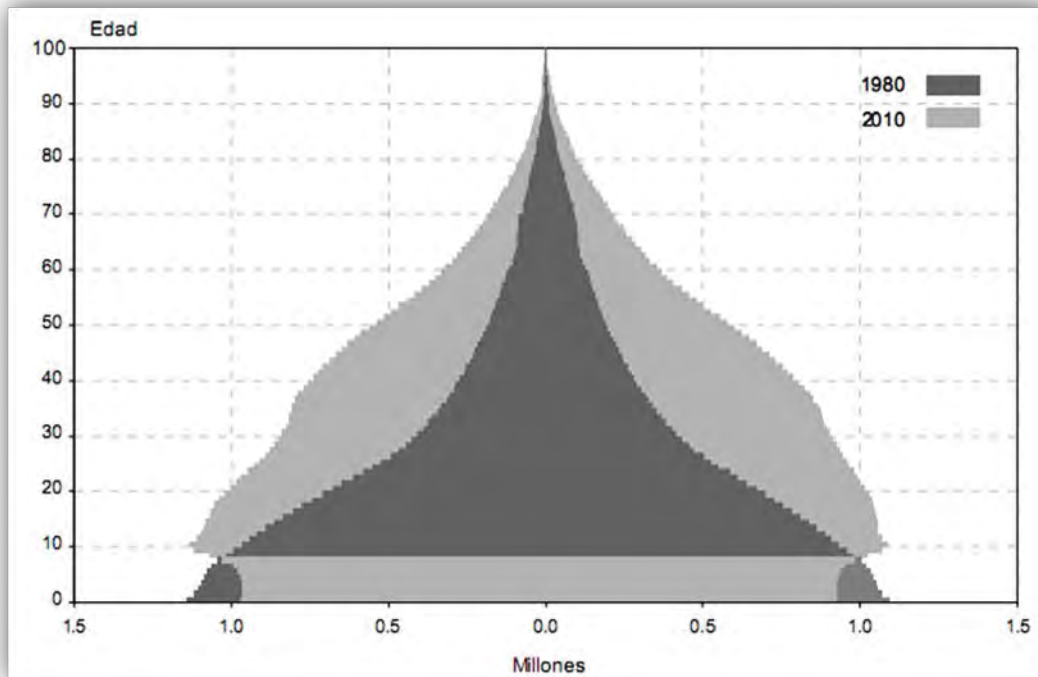
FIGURA 3.7
POBLACION Y TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL
1980-2010



Fuente: tomado de Principales causas de mortalidad en México 1980-2010; CONAPO 2010.

FIGURA 3.8
REPÚBLICA MEXICANA: PIRÁMIDES DE POBLACIÓN
1980-2010

¹⁸⁹ Dato de estudio 2009.

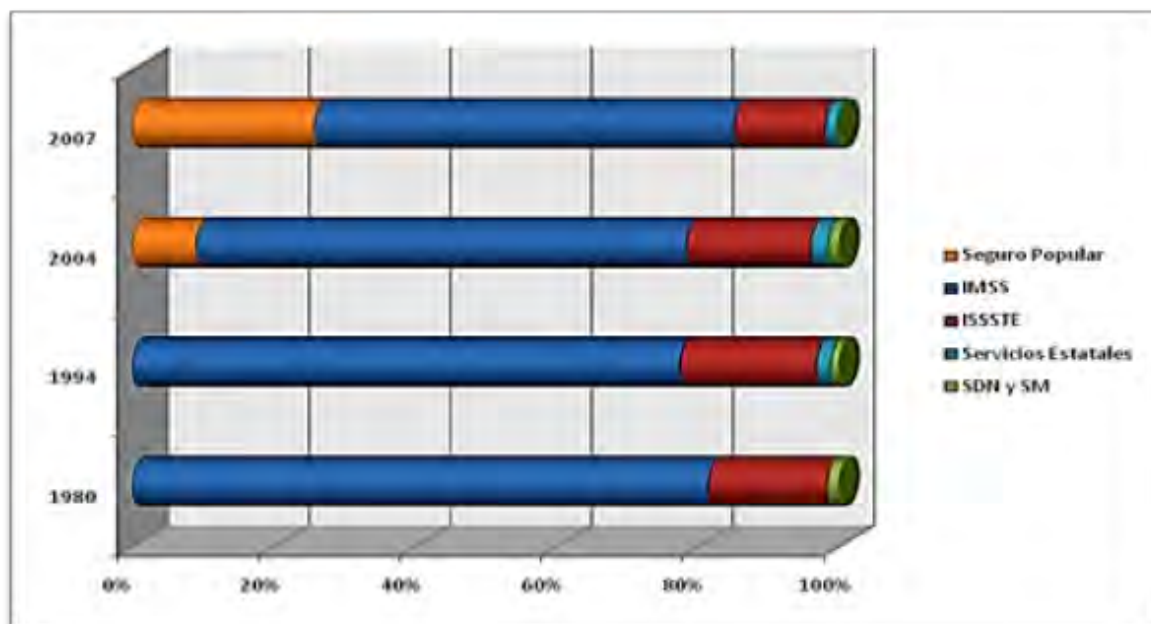


Fuente: tomado de Principales causas de mortalidad en México 1980-2010; CONAPO 2010.

b) DERECHOHABIENCIA.

En 1980 solo 46.04% de la población se encontraba protegida por los servicios de salud ofrecidos por las instituciones de seguridad social (IMSS, ISSSTE, PEMEX y otros) y el sector público (SSA y SESA), para el 2007 este indicador ascendió al 81.02% debido en gran medida a la creación en 2001 del Seguro Popular de Salud (SPS) y que en tan solo a siete años de su creación representaba ya el 25.47% del total de la población protegida por los servicios de salud pública (ver figura 3.9); otros prestadores como el ISSSTE o el IMSS han reducido su participación.

FIGURA 3.9
POBLACIÓN PROTEGIDA POR LOS SERVICIOS DE SALUD PÚBLICA



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI; 2010.

2. PERFIL EPIDEMIOLÓGICO.

El Perfil Epidemiológico (PE) de un país es esencial para la toma de decisiones en materia de salud y para la distribución estratégica de recursos humanos, materiales y financieros.

La necesidad del PE para planear programas de prevención y control de las enfermedades que más aquejan a la población y/o ponen en peligro su vida llevo al SNS a crear el Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE) con el cual todas las instituciones se obligan a vigilar el comportamiento epidemiológico de un grupo de padecimientos incluidos en el SUIVE.

A continuación se presenta el PE para la población mexicana tomando en cuenta los indicadores más generales obtenidos del CONAPO, INEGI y SUIVE que permitan al lector darse una idea de las condiciones de salud en las que se encuentra el país.

a) MORTALIDAD.

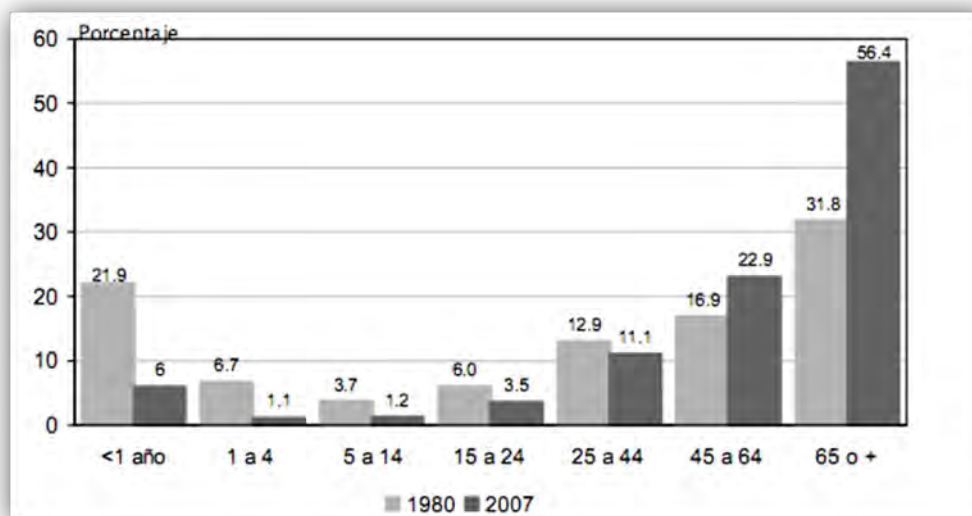
La esperanza de vida en 2010 fue de 75.34 años, incrementándose 4.8 años respecto a 1990, según el sexo en 2010 las mujeres presentaron una esperanza de vida de 77.8 años y los hombres 73.1 teniendo un incremento de 4.3 y 5.4 años respectivamente en relación a 1990.

Por su parte, la tasa bruta de mortalidad estimada en 1990 registró 5.6 decesos por cada mil personas y descendió a 5.0 en 2010¹⁹⁰.

¹⁹⁰ Aunque este indicador tuvo un incremento respecto al año 2000 cuando se ubico en 4.9.

Según los grupos de edad, la distribución de defunciones se concentran mayormente en los grupos de la tercera edad con un 56% y se ha logrado reducir de forma considerable la mortandad infantil pasando de 21.9% en 1980 a solo el 6% en 2007 (ver figura 3.10).

FIGURA 3.10
DISTRIBUCION DE DEFUNCION POR GRANDES GRUPOS DE EDAD
1980-2007



Fuente: tomado de Principales causas de mortalidad en México 1980-2010; CONAPO 2010.

Las principales causas de decesos en 2008 fueron las enfermedades del corazón, 17.18%; la Diabetes Mellitus, 14.02%; y los tumores malignos, 12.43% (ver cuadro 3.11).

Según el sexo en 2005 la Diabetes Mellitus y las enfermedades isquémicas del corazón fueron las de mayor prevalencia en mujeres y hombres, mientras que el tercer lugar lo ocuparon las enfermedades cerebro-vasculares en mujeres y la cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado en hombres.

De acuerdo a su evolución histórica la Diabetes Mellitus es la enfermedad que mayor crecimiento ha tenido desde 1940 (ver figura 3.11), solo de 1980 a 2008 tuvo un incremento del 417.14% seguida por las enfermedades del corazón, los tumores malignos y las enfermedades cerebro-vasculares (ver cuadro 3.12).

CUADRO 3.11
PRINCIPALES CAUSAS DE MORTALIDAD EN 2008

Principales causas	Defunciones	
Total	539530	100.00%
Enfermedades del corazón^a	92679	17.18%
Enfermedades isquémicas del corazón	59801	11.08%
Diabetes mellitus	75637	14.02%
Tumores malignos	67048	12.43%
Accidentes	38875	7.21%
De tráfico de vehículos de motor	17058	3.16%
Enfermedades del hígado	31528	5.84%
Enfermedad alcohólica del hígado	13361	2.48%
Enfermedades cerebrovasculares	30246	5.61%
Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	16540	3.07%

Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal ^b	1468	0.27%
Dificultad respiratoria del recién nacido y otros trastornos respiratorios originados en el periodo perinatal	6829	1.27%
Agresiones	14006	2.60%
Influenza y neumonía	13456	2.49%
Insuficiencia renal	11202	2.08%
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	8946	1.66%
Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	8354	1.55%
Bronquitis crónica y la no especificada, enfisema y asma	5678	1.05%
Enfermedad por virus de la inmunodeficiencia humana	5189	0.96%
Lesiones autoinfligidas intencionalmente	4681	0.87%
Septicemia	4393	0.81%
Anemias	3591	0.67%
Enfermedades infecciosas intestinales	3574	0.66%
Úlceras gástricas y duodenal	2604	0.48%
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte	10529	1.95%
Las demás causas	76006	14.09%

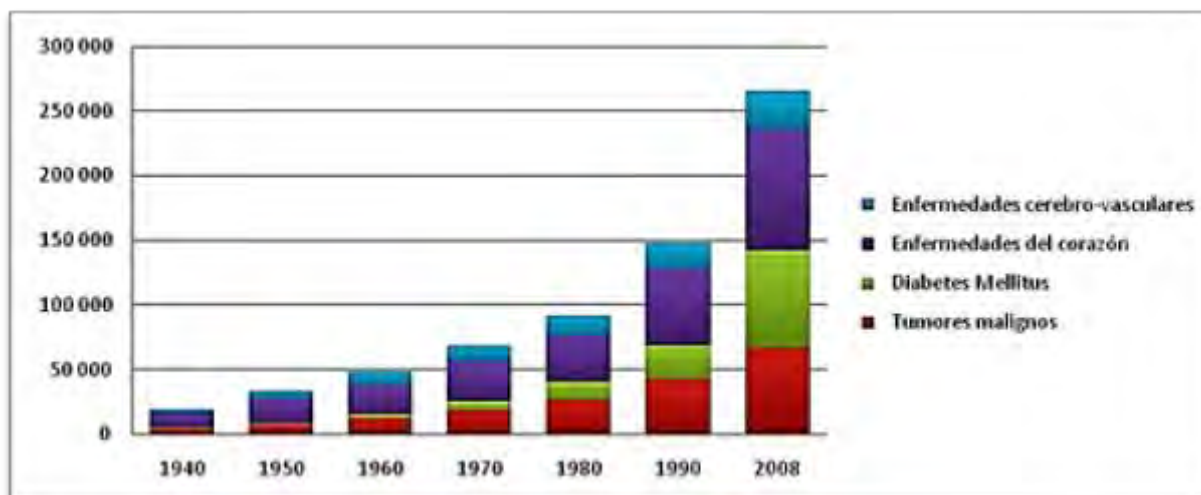
^a Se excluye paro cardíaco.
^b Incluye tétanos neonatal.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI; 2010.

CUADRO 3.12 PRINCIPALES CAUSAS DE DEFUNCIÓN 1980-2008				
Concepto	1980	1990	2008	Variación 1980-2008
Diabetes Mellitus	14,626	25,782	75,637	417.14%
Enfermedades del corazón	35,277	59,742	92,679	162.72%
Tumores malignos	26,427	42,603	67,048	153.71%
Enfermedades cerebro-vasculares	15,215	19,760	30,246	98.79%

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI; 2010.

FIGURA 3.11
NUMERO DE MUERTES POR ENFERMEDADES SELECCIONADAS
1940-2008



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI; 2010.

b) MORBILIDAD.

Durante los últimos diez años las principales causas de morbilidad han sido las infecciones respiratorias agudas; infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas; infección de vías urinarias; y las úlceras, gastritis y duodenitis.

Gracias a la implementación de las jornadas de salud y un incremento generalizado de la cobertura sanitaria¹⁹¹ estos padecimientos han mostrado un deceso importante entre 2001 y 2008 (ver cuadro 3.13), registrando un incremento solo las úlceras, gastritis y duodenitis¹⁹².

CUADRO 3.13			
PRINCIPALES CAUSAS DE ENFERMEDAD NACIONAL SEGÚN LO REPORTADO POR LAS INSTITUCIONES DE SALUD			
2001-2008			
Patología	2001	2008	Variación
Infecciones respiratorias agudas	28,259,646	24,120,252	-14.65%
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	5,336,033	4,701,671	-11.89%
Infección de vías urinarias	3,272,819	3,244,994	-0.85%
Úlceras, gastritis y duodenitis	1,407,396	1,523,116	8.22%

Fuente: elaboración propia con datos del SUIVE; 2010.

Respecto a la incidencia de la enfermedad según el sexo, tanto las infecciones respiratorias agudas, infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas; como las infecciones de las vías urinarias son las de mayor prevalencia en mujeres y hombres y han presentado una disminución en su incidencia, salvo por las infecciones de vías urinarias en mujeres (ver cuadro3.14).

¹⁹¹ Debe reconocerse que la automedicación también ha influido en el comportamiento de este indicador.

¹⁹² Destáquese que estas enfermedades están ligadas en gran medida a los procesos de estrés y dietas que involucran alimentos irritantes y altos en grasas, por lo que los hábitos alimenticios y los factores sociales (laborales y familiares) tienen gran influencia.

Las enfermedades con mayor incidencia de acuerdo a los grupos de edad son: las infecciones respiratorias agudas, infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas e infecciones de las vías urinarias, salvo por la amebiasis intestinal cuyo ratio es mayor en los preescolares (0 a 4 años).

De acuerdo a los periodos de estudio analizados las infecciones respiratorias agudas en adultos de 45 a 64 años es la que mayor incremento ha tenido con un 16.88%, seguida de las infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas en escolares de 5 a 14 años y preescolares de 1 a 4 años con un incremento del 7.11% y 3.97% respectivamente (ver cuadro 3.15).

Finalmente en 2008 la incidencia de las principales patologías que aparecen y/o se agravan con el envejecimiento fueron: la hipertensión arterial, la diabetes mellitus tipo II y las enfermedades cerebrovasculares (ver figura 3.12).¹⁹³

CUADRO 3.15			
INCIDENCIA* DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES POR GRUPOS DE EDAD			
2001-2008			
Patología	Grupos de edad		Variación
	2001	2008	
	<1		
Infecciones respiratorias agudas	169,014.30	140,442.11	-16.91
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	30,558.79	24,849.47	-18.68
Amebiasis intestinal	3354.65	1421.49	-57.63
	1 a 4		
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	12,767.50	13,273.81	3.97
Infecciones respiratorias agudas	80,009.70	69,090.50	-13.65
Amebiasis intestinal	2,893.59	1,280.81	-55.74
	5 a 14		
Infecciones respiratorias agudas	55,505.74	49,498.86	-10.82
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	7,167.46	7,676.85	7.11
Infección de vías urinarias	2,616.38	2,659.41	1.64
	15 a 24		
Infecciones respiratorias agudas	28,760.33	24,382.44	-15.22
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	6,026.93	50,89.47	-15.55
Infección de vías urinarias	5,486.01	5,544.79	1.07
	25 a 44		
Infecciones respiratorias agudas	16,684.02	12,544.06	-24.81
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	4,152.83	2,823.59	-32.01
Infección de vías urinarias	4,152.53	3,381.19	-18.58
	45 a 64		
Infecciones respiratorias agudas	67,074.89	78,394.99	16.88
Infección de vías urinarias	17,032.76	14,745.15	-13.43
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	16,013.46	11,930.37	-25.50
	65 o +		
Infecciones respiratorias agudas	19,902.39	18896.7	-5.05
Infección de vías urinarias	5,739.40	5,767.98	0.50
Infecciones int. por otros organismos y las mal definidas	5,749.03	4868.51	-15.32

Fuente: elaboración propia con datos del SUIVE

¹⁹³ Considerando la transición demográfica en la que ha entrado la población mexicana, este indicador se hace neurálgico para los objetivos de mediano y largo plazo que deberán plantearse en la PS si se desea reducir la incidencia de estas enfermedades.

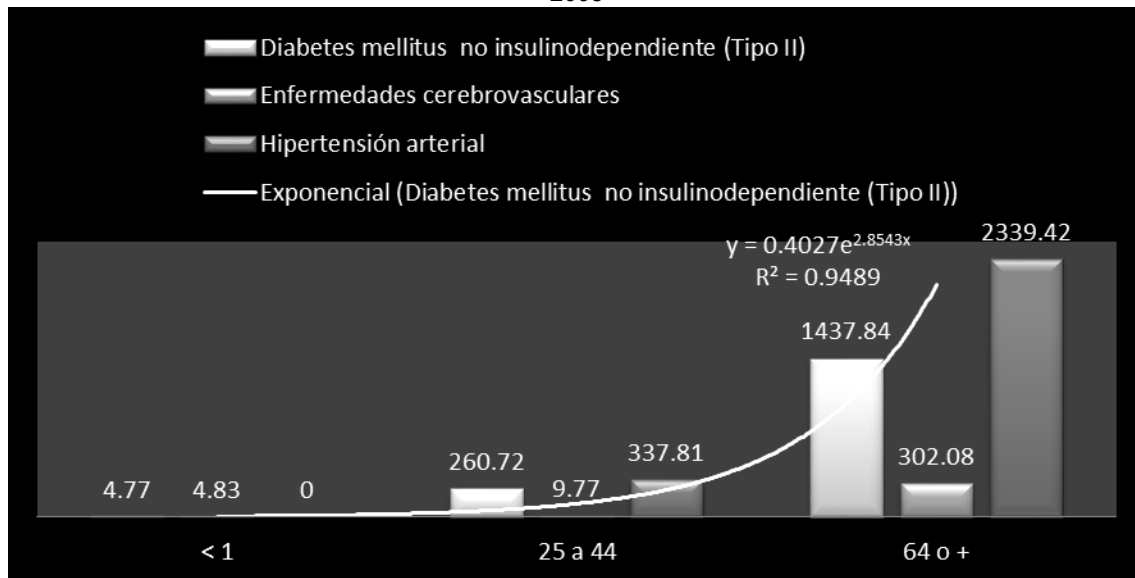
CUADRO 3.14
INCIDENCIA DE ENFERMEDADES SEGÚN EL SEXO
2003-2008

	Femenino			Masculino		
	2003	2008	Variación	2003	2008	Variación
Infecciones respiratorias agudas	14,858,334	13,464,469	-9.38	12,183,925	10,655,783	-12.54
Infecciones Int. por otros organismos y las mal definidas	2,690,976	2,549,958	-5.24	2,190,392	2,151,713	-1.77
Infección de vías urinarias	2,399,033	2,453,608	2.27	888,078	791,386	-10.89
Otitis media aguda	401,016	375,913	-6.26	323,890	290,580	-10.28
Úlceras, gastritis y duodenitis	879,226	1,003,144	14.09	456,488	519,972	13.91
Total de nuevos casos ^a	25,355,597	23,249,497	-8.31	19,009,835	16,763,574	-11.82

^a Incluye todas las enfermedades reportadas.

Fuente: elaboración propia con datos del SUIVE

FIGURA 3.12
INCIDENCIA DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE APARECEN Y/O SE AGRAVAN CON EL
ENVEJECIMIENTO
2008



Fuente: elaboración propia con datos del SUIVE.

3. MEDICAMENTOS ESENCIALES PARA LAS PRINCIPALES CAUSAS DE MORTANDAD Y MORBILIDAD.

En líneas anteriores se ha mencionado que los medicamentos son elementos necesarios en la búsqueda de la salud pública pues constituyen uno de los primeros niveles de atención en el tratamiento de alguna patología, buscando con ello evitar que la salud del individuo se deteriore.

También se indicó que existen un grupo de medicamentos denominados *esenciales* debido a la relación que existe entre su indicación terapéutica y el PE de algún país, en México estos medicamentos se encuentran definidos por el Catalogo Universal de Servicios de Salud.

Aunado a ello se definió el PE de México en donde se destacaron las enfermedades de mayor incidencia respecto a su mortalidad y morbilidad.

A continuación se detallan estos grupos teniendo en cuenta los datos obtenidos del SUIVE y la clave internacional de Clasificación Internacional de Enfermedades 2010 (CIE10). Esto tiene por objetivo identificar a las patologías de mayor incidencia y vincularlas a sus indicaciones terapéuticas:

- Enfermedades isquémicas del corazón.
 - Angina de pecho (I20)
 - Infarto agudo del miocardio (I21)
 - Ciertas complicaciones presentes posteriores al infarto agudo del miocardio (I23)
 - Otras enfermedades isquémicas agudas del corazón (I24)
 - Enfermedad isquémica crónica del corazón (I25)
- Enfermedades hipertensivas

- Hipertensión esencial (I10)
- Enfermedad cardiaca hipertensiva (I11)
- Enfermedad renal hipertensiva (I12)
- Enfermedad cardiorenal hipertensiva (I13)
- Hipertensión secundaria (I15)
- Enfermedades cerebrovasculares
 - Hemorragia subaracnoidea (I60)
 - Hemorragia intraencefalica (I61)
 - Otras hemorragias intracraneales no traumáticas (I62)
 - Infarto cerebral (I63)
 - Accidente vascular encefálico agudo, no especificado como hemorrágico o isquémico (I64)
 - Oclusión y estenosis de las arterias precerebrales sin ocasionar infarto cerebral (I65)
 - Oclusión y estenosis de las arterias cerebrales sin ocasionar infarto cerebral (I66)
 - Otras enfermedades cerebrovasculares (I67)
 - Secuelas de enfermedad cerebrovascular (I69)
- Enfermedades infecciosas intestinales
 - Otras infecciones intestinales bacterianas (A04)
 - Infecciones intestinales debidas a virus y otros organismos especificados (A08)
 - Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso (A09)
- Infección de vías urinarias
 - Cistitis (N30)
 - Uretritis y síndrome uretral (N34)
 - Otros trastornos del sistema urinario (N39)
- Úlceras, gastritis y duodenitis
 - Úlcera gástrica (K25)
 - Úlcera duodenal (K26)
 - Úlcera péptica, de sitio no especificado (K27)
 - Úlcera gastroyeyunal (K28)
 - Gastritis y duodenitis (K29)
- Diabetes mellitus
 - Diabetes mellitus insulino dependiente (E10)
 - Diabetes mellitus no insulino dependiente (E11)
 - Diabetes mellitus asociada con desnutrición (E12)
 - Otras diabetes mellitus especificadas (E13)
 - Diabetes mellitus, no especificada (E14)
- Tumores malignos
 - Tumor maligno de la mama (C50)
 - Tumor maligno del cuello del útero (C53)
- Infecciones respiratorias agudas
 - Rinofaringitis aguda [resfriado común] (J00)
 - Sinusitis aguda (J01)
 - Faringitis aguda (J02)
 - Amigdalitis aguda (J03)
 - Laringitis y traqueitis agudas (J04)
 - Laringitis obstructiva aguda [crup] y epiglotitis (J05)

- Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, de sitios múltiples o no especificados (J06)
- Bronquitis aguda (J20)
- Bronquiolitis aguda (J21)

En el cuadro 3.16 se presentan los principales medicamentos esenciales con los cuales se tratan estas patologías, la importancia del cuadro reside en la procedencia del descubrimiento y/o desarrollo tecnológico, en su totalidad son de procedencia extranjera. Aun cuando en la mayoría de los casos la patente ha vencido o está próxima a vencer deja ver la dependencia tecnológica que se tiene con el exterior.

Respecto a la tecnología empleada la mayor parte de estos medicamentos pertenecen a familias tecnológicas de síntesis química, es decir, son fármacos en los que no incide la BM salvo en procesos de producción, y cuya acción terapéutica sigue una farmacodinamia que puede afectar otros aspectos de la salud del individuo.¹⁹⁴

Esto es importante debido al avance científico y tecnológico que tienen los fármacos basados en BM cuyo progreso incidirá significativamente en la eficiencia y eficacia de la acción terapéutica resultado en gran medida a su alto grado de especificidad (ver capítulo II).

También puede destacarse que 15 de los 26 medicamentos citados han presentado un incremento promedio del 17.69% en el precio internacional entre 2003 y 2009; aunque este dato solo es representativo de un esquema global pues como se había mencionado los precios de los medicamentos en México se encuentran gravemente afectados por las prácticas anticompetitivas por parte de los productores y comercializadores.

CUADRO 3.16 MEDICAMENTOS ESENCIALES PARA LAS ENFERMEDADES DE MAYOR PREVALENCIA EN MEXICO							
Nombre genérico	Indicación terapéutica	Patentador	Origen	Patente	Precio* USD		Variación
					2003	2009	
CAPTOPRIL	Hipertensión arterial. Insuficiencia cardiaca	Bristol-Myers Squibb	EUA	x	0.0264	0.0122	-53.79%
ENALAPRIL	Antihipertensivo.	Merck	EUA	x	0.033	0.015	-54.55%
DITRATO DE ISOSORBIDA	Angina de pecho. Insuficiencia cardiaca. Cardiopatía isquémica crónica.	NA	EUA	NA	0.0082	0.0528	543.90%
NIFEDIPINO	Angina de pecho. Crisis hipertensiva. Hipertensión arterial sistémica. Insuficiencia cardiaca	Bayer	Alemania	x	0.0216	0.0205	-5.09%

¹⁹⁴ Es el caso de diversos tratamientos contra el cáncer o bien la imposibilidad de consumir algún medicamento cuando el perfil clínico del paciente (por ejemplo si es hipertenso) está asociado a las contraindicaciones del medicamento.

EPINEFRINA (ADRENALINA)	refractaria. Choque anafiláctico. Paro cardíaco. Aplicación local para prevenir hemorragia capilar. Broncoespasmo.	NA	Polonia	NA	0.0944	0.1323	40.15%
DOPAMINA	Hipotensión arterial. Choque y corrección de desequilibrio hemodinámicos. Insuficiencia renal aguda.	NA	Suecia	NA	0.0897	0.0748	-16.61%
LIDOCAINA	Extrasístoles ventriculares. Fibrilación ventricular. Taquicardia ventricular. Ectopia ventricular causada por hipotensión.	NA	Suecia	NA	0.0102	0.0176	72.55%
METILDOPA	Hipertensión arterial.	Merk Sharp & Dohme	EUA	x	0.0343	0.0235	-31.49%
FUROSEMIDA	Hipertensión. Crisis hipertensivas.	Warner-Lambert Co.	EUA	x	0.0048	0.0051	6.25%
NITROFURANTOÍNA	Infección genitourinaria bacteriana. Quimioprofilaxis en intervención y exploración urológica	Procter & Gamble Pharmaceuticals	EUA	x	0.0076	0.0117	53.95%
CIPROFLOXACINA	Infección grave o recurrente. Infección de vías respiratorias bajas. Cistitis no complicada. Infección gastrointestinal.	Bayer	Alemania	x	0.029	0.0187	-35.52%
ERITROMICINA	Infecciones por bacterias grampositivas y gramnegativas susceptibles.	Eli Lilly	EUA	x	0.0326	0.0342	4.91%
DOXICICLINA	Cólera. Infecciones	Pfizer	EUA	x	0.0104	0.0127	22.12%

	por bacterias grampositivas y gramnegativas sensibles. Mycoplasma. Chlamydia.							
RANITIDINA	Úlcera gastroduodenal. Gastritis; trastornos de hipersecreción como en el síndrome de Zollinger Ellison.	Glaxo Smith Kline	Reino Unido	x	0.025	0.0235	-6.00%	
OMEPRAZOL	Enfermedad ácido-péptica. Síndrome de Zollinger-Ellison. Esofagitis por reflujo.	AstraZeneca	Reino Unido	x	0.1961	0.0322	-83.58%	
METOCLOPRAMIDA	Antiemético. Reflujo gastroesofágico o. Atonía gástrica. Prevención ó disminución de náusea y vómito en la administración de quimioterapia oncológica.	Societe D'Etudes Scientifiques et Industrielles de L'ile de France	Francia	x	0.0045	0.0047	4.44%	
INSULINA INTERMEDIA NPH	Diabetes mellitus tipo I. Acidosis y coma diabético.	Eli Lilly and Company	EUA	x	0.474	0.5268	11.14%	
INSULINA HUMANA ACCIÓN RÁPIDA REGULAR	Diabetes mellitus tipo II no controlada.	NA	EUA	NA	1.0922	0.8018	-26.59%	
INSULINA GLARGINA	Hiperpotasemia.	Sanofi-Aventis	Francia	x	1.0922	0.965	-11.65%	
METFORMINA	Diabetes mellitus tipo II.	Bristol-Myers Squibb	EUA	x	0.0445	0.014	-68.54%	
GLIBENCLAMIDA		Boehringer Mannheim	Suiza	x	0.0041	0.0041	0.00%	
DICLOFENACO	Procesos inflamatorios severos como: Artritis reumatoide Espondiloartritis anquilosante. Osteoartritis. Espondiloartritis.	Novartis	Suiza	x	0.0049	0.0057	16.33%	
NAPROXENO	Dolor e	Hoffmann-	Suiza	x	0.0196	0.028	42.86%	

	inflamación aguda. Artritis reumatoide. Osteoartritis. Espondilitis anquilosante. Tendinitis. Bursitis.	La Roche						
PARACETAMOL	Analgésico. Antipirético. Tratamiento de los síntomas de rinitis estacional, alergias y urticaria.	Sterling-Winthrop	EUA	x	0.0029	0.0038	31.03%	
LORATADINA	Infecciones por bacterias gramnegativas y grampositivas susceptibles.	Schering-Plough	EUA	x	0.0182	0.0184	1.10%	
AMOXICILINA	Infecciones por bacterias grampositivas sensibles.	Hoffmann-La Roche	Suiza	x	0.0374	0.0397	6.15%	
BENCILPENICILINA PROCAÍNICA		Merck	EUA	x	0.2243	0.256	14.13%	
*Precio unitario (tableta, ampolleta, capsula).								

Fuente: elaboración propia con base en el International Drug Price Indicator Guide 2009 y el Catalogo Universal de Servicios de Salud.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO & TECNOLÓGICO PARA EL CASO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO II.

*“La ciencia es un cetro en ciertas manos, al paso que en otras tan sólo es un
palitroque.”*

- **Michel de Montaigne**

IV. ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO & TECNOLÓGICO PARA EL CASO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO II.

La Diabetes Mellitus es una de las patologías que genera mayor discapacidad y mortalidad, especialmente en el adulto y adulto mayor, ocupando gran parte de los recursos sanitarios en todos los países; es considerada un problema de salud mundial debido a las tasas de crecimiento que presenta, en el año 2000 había más de 176 millones de personas diabéticas para 2008 esta cifra ascendió a 250 millones y la OMS ha calculado que en 2030 el número de personas diabéticas sea mayor a los 380 millones.

En México, la incidencia de la Diabetes Mellitus ha ocupado el primer lugar entre las principales causas de mortalidad a nivel nacional registrando un incremento del 417.14% entre 1980 y 2008, y es la segunda patología, detrás de la hipertensión arterial, de mayor crecimiento a medida que ocurre el proceso natural de envejecimiento. De los distintos tipos de Diabetes que existen la del tipo II (DM2) es la de mayor prevalencia representando el 90% de los casos de Diabetes del país.

Debido a la relevancia que ha adquirido esta patología el presente capítulo presenta una monografía de la DM2 tomando en cuenta su definición, características y prevalencia en la población mexicana; la terapéutica indicada y los costos asociados a esta enfermedad.

Aunado a ello se ha elaborado un estudio de clúster científico y tecnológico que identifica los recursos humanos, las instituciones y los países que mayor producción y relevancia científica y tecnológica tienen en el plano internacional. Dicho estudio busca ser útil en la elaboración de una PS que tenga como objetivo reducir la dependencia tecnológica con el exterior mediante el establecimiento de sinergias científico-institucionales que conduzcan al desarrollo de capacidades tecnológicas propias y que estas impacten de forma positiva reduciendo la incidencia de esta enfermedad en la población mexicana.

A. DEFINICIÓN, CARACTERÍSTICAS Y PREVALENCIA DE LA ENFERMEDAD.

La Diabetes Mellitus es un desorden metabólico crónico, caracterizado por un aumento de los niveles de glucosa en la sangre (hiperglucemia) con alteraciones del metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas, resultante de la disminución de la secreción y/o acción de la insulina¹⁹⁵ (ver figura 4.1).

Esta enfermedad aparece cuando el páncreas no produce suficiente insulina o cuando el organismo no consigue utilizar la insulina que produce; su curso es progresivo, y se acompaña, a largo plazo, de lesiones micro (retina, riñón, nervios) y macrovasculares (cerebro, corazón, miembros inferiores), cuando no se trata adecuadamente la hiperglucemia y los factores de riesgo cardiovascular asociados.

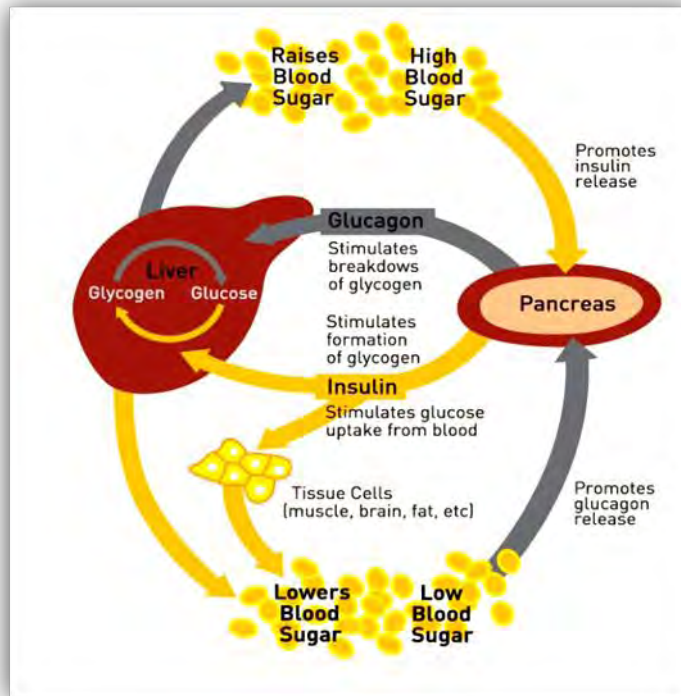
Las formas más comunes de esta enfermedad son:

- Prediabetes.
- Diabetes tipo I o insulino dependiente.
- Diabetes tipo II o no insulino dependiente.

¹⁹⁵ La insulina es una hormona que produce el páncreas cuya función es permitir a las células utilizar a la glucosa de la sangre como fuente de energía.

➤ Diabetes Gestacional.¹⁹⁶

FIGURA 4.1
PRODUCCIÓN Y ACCIÓN DE LA INSULINA.



Fuente: tomado de Diabetes Atlas International Diabetes Federation; 2009.

1. DEFINICIÓN Y DIFERENCIACIÓN.

La DM2 es ocasionada por el deterioro en la secreción de insulina o bien la resistencia a la acción de la misma como consecuencia de la falla de las células β ¹⁹⁷, estos dos trastornos suceden simultáneamente y se manifiestan de manera variable en cada persona que la padece.

A diferencia de la diabetes insulino dependiente, en la que el páncreas no produce insulina, en la DM2 el páncreas llega a producir insulina, pero no en la cantidad suficiente o de la calidad necesaria para cumplir con su función.

2. HISTORIA NATURAL DE LA DM2.

La historia natural de la DM2 describe la génesis y evolución de los acontecimientos que llevan al ser humano a desarrollar la enfermedad cuyo desenlace puede ser: regreso al estado de homeostasis o salud, cronicidad, secuelas invalidantes o muerte.

La historia natural comprende dos periodos: prepatogénico (génesis) y patogénico (evolución).

¹⁹⁶ Esta diabetes solo aparece en mujeres embarazadas manifestándose en el tercer trimestre del embarazo, su causa está asociada a las hormonas contrarreguladoras que produce la placenta, y por la resistencia a la insulina que ocurre en condiciones normales durante el embarazo.

¹⁹⁷ Tipo de células pancreáticas localizadas en los islotes de Langerhans, estas células producen y liberan insulina.

a) PERIODO PREPATOGÉNICO.

Este periodo se caracteriza por el estudio de los factores de riesgo que llevan al individuo a desarrollar la enfermedad, estos factores pueden ser intrínsecos y extrínsecos. La interacción de ambos factores son determinantes en el desarrollo de la enfermedad.

Factores de Riesgo:

1. Huésped (intrínsecos):

- Antecedentes familiares de Diabetes Mellitus en primer grado de consanguinidad.
- Pertenencia a ciertos grupos étnicos (afroamericanos con una probabilidad del 15% y México-americanas del 10%).
- Edad superior a 45 años.
- Sobrepeso (Índice de Masa Corporal –IMC- mayor o igual a 25 Kg/m²), sobre todo en personas con aumento en la circunferencia abdominal.
- Hipertensión arterial, presión arterial mayor o igual 140/90 mmHg en adultos.
- Niveles de Triglicéridos iguales a 250 mg/dL y/o de colesterol de lipoproteína de alta densidad (cHDL) mayor o igual a 35 mg/dL.
- Historia de enfermedad vascular.
- Endocrinopatías diversas.
- Diabetes gestacional o un recién nacido con un peso mayor o igual a 4,5 Kg.
- Síndrome de ovario poliquístico manifestados por irregularidades menstruales y/o exceso de vello (hirsutismo).
- Acanthis nigricans.¹⁹⁸

2. Ambientales (extrínsecos):

- Inactividad física habitual.
- Dieta elevada en alimentos altos en carbohidratos y/o en contenido graso, así como la disminución del aporte de fibra vegetal (soluble) y de manera mucho menos evidente, el déficit de determinados micronutrientes (cromo, zinc).
- Drogadicción, alcoholismo y tabaquismo.
- Uso prolongado de anticonceptivos orales y multiparidad.

b) PERIODO PATOGÉNICO.

Este periodo estudia la forma en que evoluciona la enfermedad desde los primeros estímulos que la provocan y que se manifiestan en el huésped (síntomas) a través de cambios bioquímicos, anatómicos y/o fisiológicos, los cuales lo conducen a un estado crónico, la aparición de secuelas de invalidez o a la muerte.

En la DM2 se produce cuando existe una resistencia insulínica, en un principio el páncreas contrarresta esta situación aumentando la secreción de insulina para conservar la glucemia; conforme pasa el tiempo las células β dejan de cumplir su función comportando una hipoinsulinemia relativa en relación a los niveles glucémicos y finalmente se presenta la insulinopenia.

1. Síntomas y signos.

¹⁹⁸ Es una enfermedad dermatológica que se caracteriza clásicamente por la presencia de placas hiperpigmentadas aterciopeladas en los pliegues corporales.

- Aumento de la sed (polidipsia).
- Necesidad de orinar frecuentemente (poliuria).
- Aumento del apetito (polifagia).
- Pérdida de peso (poco común).
- Piel seca.
- Visión borrosa.

2. Complicaciones Agudas.

- Niveles elevados de cetonas en la sangre y la orina (cetoacidosis) resultado de la descomposición de la grasa.
- Altas concentraciones de sodio, glucosa y otras sustancias en la sangre (estado hiperosmolar).

3. Complicaciones crónicas.

- Macrovasculares (enfermedad coronaria, vascular cerebral y arterial periférica).
- Microvasculares (retinopatía, nefropatía y neuropatías¹⁹⁹).

4. Invalidez por insuficiencias.²⁰⁰

- Visual: ceguera.
- Renal.²⁰¹
- Vascular: úlceras y amputación de miembros.²⁰²
- Neurológica: gastroperesia²⁰³ y vejiga neurogénica²⁰⁴.
- Cardíaca.
- Otras: depresión.

c) NIVELES DE PREVENCIÓN.

Los niveles de prevención sirven como medidas anticipadas específicas cuya finalidad es evitar, tratar y/o solucionar la enfermedad, estos se dividen en tres niveles:

- **Primaria:** llevado a cabo durante el periodo prepatogénico y se enfoca a evitar la enfermedad mediante la promoción de la salud.
- **Secundaria:** se aplica cuando la prevención primaria ha fracasado, buscando un diagnóstico precoz de la enfermedad que conduzca al tratamiento oportuno que reduzca el progreso de la enfermedad.
- **Terciaria:** aplicada cuando han fracasado los niveles inferiores y se enfoca a limitar el daño y evitar posibles efectos de invalidez o bien tratar los que ya se han presentado (rehabilitación) a través de la terapéutica adecuada que brinden al huésped la mayor calidad de vida posible.

¹⁹⁹ Se conoce que la neuropatía se presenta en el 50% de los casos y que ésta aumenta con la duración y el grado de descontrol metabólico, se estima que entre un 60 y 70% de los diabéticos tiene un daño moderado o severo.

²⁰⁰ El paciente diabético tiene un riesgo de 2 a 4 veces más alto de presentar un derrame cerebral que los no diabéticos y se estima que entre el 60 y 65% de los diabéticos son hipertensos, aunado a ello la diabetes es la principal causa de ceguera en adultos.

²⁰¹ La diabetes es responsable del 60% de los individuos con insuficiencia renal terminal.

²⁰² El pie diabético es de las principales causas de hospitalización y el 70% de estos casos termina en amputación.

²⁰³ Es una enfermedad que afecta la capacidad del estómago para vaciar sus contenidos, sin que haya algún bloqueo (obstrucción).

²⁰⁴ Consiste en la pérdida del funcionamiento normal de la vejiga provocada por lesiones de una parte del sistema nervioso.

**CUADRO 4.1
NIVELES DE PREVENCIÓN DE LA DM2**

Prevencción primaria		Prevencción secundaria		Prevencción terciaria	
Promoción de la salud	Protección específica	Diagnostico temprano y terapéutica oportuna	Limitación de la incapacidad	Rehabilitación	
<ul style="list-style-type: none"> • Educación sanitaria • Hábitos dietéticos • Fomento a la actividad física. • Control de peso • Revisión periódica e identificación de factores de riesgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de los factores de riesgo, principalmente extrínsecos 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de peso • Dieta. • Ejercicio • Hipoglucinantes • Vigilancia sistémica de los valores: <ul style="list-style-type: none"> ○ Glicemia ○ Hg glucosilada ○ Glucosuria ○ Colesterol total ○ cHDL ○ Triglicérido ○ IMC ○ EGO ○ Tensión arterial (TA) • Exploración física integral: <ul style="list-style-type: none"> ○ Pies ○ Ojo ○ Estado cardiovascular 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento de retinopatía • Control de nefropatía • Dietético • Terapia sustitutiva • Tratamiento de insuficiencia venosa • Retraso de amputaciones • Control de TA • Control de peso • Ejercicio • Control del tabaquismo y alcoholismo 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración familiar • Grupos de ayuda mutua • Manejo de la discapacidad 	

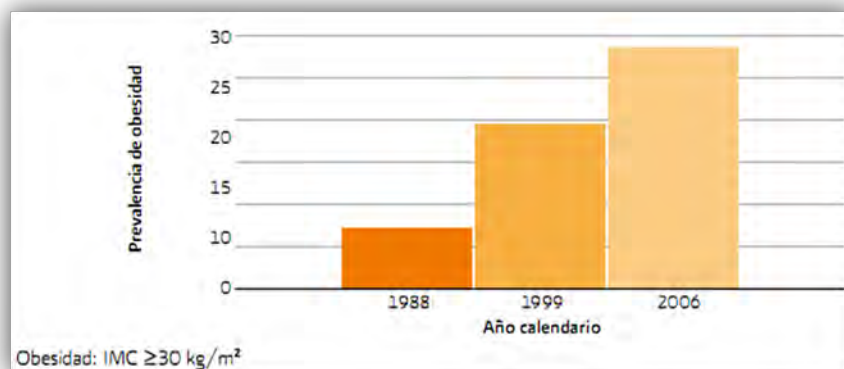
Fuente: elaboración propia con datos del XX Curso Internacional de Epidemiología Aplicada; SSA 2002.

En el cuadro 4.1 se enuncian las medidas de prevención de acuerdo a su nivel, de ellos el nivel primario es al que mayor atención hay que poner y buscar a través de políticas sanitarias, económicas y sociales, la adopción de estilos de vida que eviten el desarrollo de la DM2. De estas medidas destacan el combate a la obesidad (control de peso y hábitos dietéticos) y la actividad física²⁰⁵.

Respecto a la obesidad, según un estudio de la OCDE, México ocupó el primer lugar de prevalencia mundial en 2010, seguido de EUA. Según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006 (ENSANUT) la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad se presenta en uno de cada cuatro niños (26%), mientras que uno de cada tres adolescentes la padecen (31%), revelando también que el sobrepeso y la obesidad han seguido aumentando en todas las edades, regiones y grupos socioeconómicos.

La prevalencia de obesidad y sobrepeso en México se ha triplicado desde la década de los 80's (ver figura 4.3), en particular en la población adulta: 39.5% de los hombres y mujeres tienen sobrepeso y 31.7% obesidad. Es decir, aproximadamente 70% de la población adulta tiene una masa corporal inadecuada que puede conducir a desarrollar otras patologías como la DM2, de hecho, se estima que el 90% de los casos de DM2 son atribuibles al sobrepeso y la obesidad.

**FIGURA 4.3
AUMENTO EN LA PREVALENCIA DE OBESIDAD EN MÉXICO**



Fuente: tomado del Acuerdo Nacional para la Salud Alimentaria; 2010.

Entre las causas de la obesidad encontramos la falta al acceso y disponibilidad de alimentos saludables, incremento en el consumo de alimentos altos en carbohidratos²⁰⁶ y sodio, sedentarismo e influencias sociales (familiares, laborales o escolares).

En lo concerniente al sedentarismo, en México sólo el 35% de las personas de entre 10 y 19 años de edad son activos; entre los adolescentes y adultos jóvenes (de 12 a 29 años de edad) tan sólo 40% practica algún tipo de actividad física. Según el sexo el sedentarismo es mayor en mujeres, 70.10 % que entre hombres, 49.60%.

Dicho sedentarismo se da en un contexto de escasez de entornos adecuados y seguros para la actividad física (como parques y jardines), especialmente para grupos vulnerables como mujeres, ancianos y niños. Sumado a este factor central encontramos una escasa

²⁰⁵ En 2006 una encuesta de la SSA reveló que de 10,189 casos de diabetes el 59.8% de los pacientes admitió ser sedentario

²⁰⁶ La ENSANUT reportó en 2006 que la ingesta calórica de los adultos mexicanos proviene en un 22.3% del consumo de bebidas azucaradas y el resto, 77.7%, provino del consumo de alimentos sólidos.

cultura física, la enajenación hacia los medios de comunicación, tecnologías de la información y juegos electrónicos.

Por lo anterior, debe entenderse que en la medida en que no se tenga acceso a productos alimenticios de calidad resultado de los procesos inflacionarios²⁰⁷ y asimetrías en la distribución de los recursos agropecuarios²⁰⁸; se antepongan los intereses privados sobre las necesidades de salud en la PS²⁰⁹ y no sea promovida una cultura física entre la población, la DM2 continuara presentando tasas de crecimiento importantes.

3. PREVALENCIA.

La DM2 es una de las principales enfermedades crónico-degenerativas que mayor incidencia presenta entre la población mexicana; en 1922 se registraron 368 defunciones por esta causa, para 1992, se observaron más de 29,000 fallecimientos y ocupó el 4° lugar de mortalidad, en 2008 se convirtió en la principal causa de mortalidad registrándose 75,637 muertes atribuibles a dicha enfermedad.

En 2010 el número de personas diabéticas en México ascendía a 6.8 millones²¹⁰ representando el 6.27% de la población total, de estos aproximadamente el 90% de los casos correspondió a DM2, se espera que en 2030 esta cifra descienda a solo 5.2 millones (ver cuadro 4.2).

CUADRO 4.2						
ÍNDICES GENERALES DE LA DIABETES MELLITUS						
País	2010 Predominio Nacional (%)	2010 Predominio Relativo (%)	2010 Números totales (miles)	2030 Predominio Nacional (%)	2030 Predominio o Relativo (%)	2030 Números totales (miles)
Total mundial	6.6	6.4	284611.4	7.9	7.8	343540.2
México	10.1	10.8	6826.8	7.7	8	5206.6
Porcentaje respecto al total.	153.0%	168.8%	2.4%	97.5%	102.6%	1.5%

Fuente: tomado de International Diabetes Federation; 2010.

Los pacientes diabéticos en México viven en promedio 20 años con la enfermedad; este padecimiento se presenta entre los 35 y 40 años. Anualmente se registran alrededor de 300 mil personas diabéticas y fallecen 40 mil aproximadamente. Por cada diabético que muere se detectan 13 nuevos casos. La mortalidad por diabetes mellitus es mayor en los estados del Norte que en los del Sur, los del Centro tienen un comportamiento intermedio y el Distrito Federal se comporta como los Estados del Norte, es más frecuente

²⁰⁷ Entre julio de 2007 y julio de 2008 la FAO estimo una inflación de los alimentos básicos del 9.2% en México a este porcentaje hay que sumar de 3 a 4 puntos porcentuales que, de acuerdo al Banco Mundial, deben pagar las personas en situación de pobreza; estos procesos inflacionarios tienen un impacto directo en los hábitos alimenticios de la población.

²⁰⁸ Considérese que la mayor parte de la producción agropecuaria se destina a atender la demanda de las grandes ciudades y a la exportación.

²⁰⁹ En 2010 se presentó una iniciativa de ley que buscaba prohibir la venta de productos con alto contenido calórico y/o graso en los planteles educativos del país; sin embargo, como dicha ley perjudicaba los intereses económicos de grupos industriales involucrados en la producción y comercialización de estos alimentos (PEPSICO, CocaCola, Bimbo, Gruma, etc.), la medida fue modificada a tal grado que se permitió la expedición de estos alimentos (refrescos, frituras, dulces, galletas, etc.) en planteles educativos pero con la modalidad "light" o bajo en calorías y en presentaciones "mini" so pretexto de la *ausencia de estudios científicos* que avalaran la relación entre el consumo de estos productos y la incidencia en la obesidad, aun cuando ya existía una diversidad de estudios a nivel mundial que evidenciaban dicha relación.

²¹⁰ La SSA estimó en este año una prevalencia de alrededor de 10 millones de personas; sin embargo, un 30% de estas personas desconoce que padece la enfermedad.

en los grupos sociales con estilo de vida urbano (Semana de Integración Básico-Clínica, Diabetes Mellitus Tipo 2; 2006).

Este padecimiento se presenta en todos los grupos de edad, siendo en 2008 el más afectado aquel grupo comprendido por personas de entre 60 y 64 años de edad con una incidencia de 1882,72; seguido del grupo de 50 a 59 años, 1378,83; y el de 65 o más, 1437,84.

En lo referente al sexo, las cifras oficiales registran (año 2003 y 2004) una mayor presentación de casos de este padecimiento en las mujeres que en los hombres, con una relación de 1.56 mujeres por cada hombre aproximadamente (Semana de Integración Básico-Clínica, Diabetes Mellitus Tipo 2; 2006).

B. TERAPÉUTICA & COSTOS.

La DM2 es una enfermedad poco sintomática, por lo que su diagnóstico se efectúa en alrededor del 50% de los casos por exámenes de laboratorio solicitados por otra causa y no por sospecha clínica. La escasa sintomatología clásica determina que se diagnostique tardíamente y en presencia de complicaciones crónicas. Este tipo de diabetes aumenta con la edad, obesidad e inactividad física y habitualmente se asocia a otras patologías de alto riesgo cardiovascular, como la hipertensión y la dislipidemia, por lo que está indicado hacer pesquisa de DM en personas que presenten tales síntomas (Ministerio de Salud, Guía Clínica; 2006).

Los criterios para el diagnóstico de la DM2 se basan en la historia clínica del paciente, exámenes físicos y diversos análisis de laboratorio en donde se evidencien:

- Síntomas típicos de diabetes (poliuria, polidipsia y pérdida de peso por causa desconocida), acompañado de glucemia plasmática casual > 200 mg/dl.
- Antecedentes familiares de enfermedades cardiovasculares, DM2, diabetes gestacional, etc.
- Consumo de alcohol, tabaco y/o drogas.
- Uso de anticonceptivos.
- Consumo de medicamentos relacionados con alteraciones metabólicas o que afecten el nivel de glucosa.
- Glucosa plasmática en ayuno > 126 mg/dl.
- Glucosa plasmática a las 2 horas durante la prueba de tolerancia a la glucosa oral > 200 mg/dl, utilizando 75 gr de glucosa anhidra disuelta en agua.

La confirmación del diagnóstico se hace con una nueva medición de glucemia en ayuno o después de una carga oral de glucosa.

1. TERAPÉUTICA NO FARMACOLÓGICA.

Una vez que se ha confirmado el padecimiento de DM2 se instrumentan medidas del primer nivel de atención que comprenden:

- Educar al paciente y a su grupo familiar para promover los cambios en la conducta del paciente, para que así pueda tomar mejores decisiones en cuanto a la enfermedad, contribuir a la disminución de complicaciones crónicas y mejorar la calidad de vida.

- Implementar un plan nutricional cuyo objetivo es disminuir el peso del paciente, mantener el control de los niveles de glucemia y las cifras de presión arterial.²¹¹
- Valorar y elaborar plan de ejercicio y actividad física con base en el estado físico, edad, peso e historia médica que tengan efectos sobre la captación de glucosa, glucemia en ayunas y postprandial. La caminata, el trote, la natación o el baile son ejemplos de actividad física recomendada.²¹²
- Manejar factores de riesgo cardiovascular.
- Promover el automonitoreo de las cifras de glucosa (requiere de la inversión en dispositivos hechos para tal efecto).
- Diagnosticar y tratar las complicaciones.

2. TERAPÉUTICA FARMACOLÓGICA.

El tratamiento farmacológico se inicia al cabo de tres meses cuando no se lograron las metas del tratamiento con el plan nutricional y la actividad física o en caso de hiperglucemia sintomática.

Estos tratamientos son diversos y se recetan de acuerdo a la valoración clínica de cada paciente (edad y sexo, tiempo de evolución, control metabólico, tratamiento previo, complicaciones y enfermedades concomitantes, actitud del paciente ante la enfermedad, capacidad económica, aspectos socioculturales de trabajo y situación familiar), esta terapéutica se engloba en 4 grupos:

1. **Sulfonilureas y secretagogos de acción rápida:** estimulan la secreción de insulina.
2. **Biguanidas y glitazonas:** disminuyen la resistencia insulínica.
3. **Sulfonilureas más biguanidas:** están indicadas en los pacientes que han fallado al tratamiento con sulfonilurea o biguanida sola.
4. **Insulinas:** la insulinización del enfermo se inicia cuando este no alcanza las metas del control con plan de nutrición, actividad y ejercicio físico y dosis máximas de antidiabéticos orales (primeros 3 grupos).

1. COSTOS.

Según un estudio del INSP la prevalencia de DM2 en 2010 representó costos directos por \$343.2 millones y \$435.2 millones por indirectos, llegando a un total de \$778 millones de dólares²¹³; estos costos supondrían un incremento del 33% entre 2009 y 2011 y se espera que continúe creciendo si no se toman medidas para evitar la incidencia de la enfermedad.²¹⁴

²¹¹ Para mejorar los valores de glucemia, perfil lipídico y peso, se recomiendan, planes de alimentación con un alto porcentaje de carbohidratos complejos y ricos en fibras (>40g de fibra diaria o <7g de carbohidrato/g de fibra), micronutrientes esenciales y componentes bioactivos.

²¹² El riesgo de desarrollar DM2 disminuye con la práctica de actividad física con una frecuencia de 3 a 5 veces por semana (150 minutos a la semana).

²¹³ Según Armando Arredondo, investigador del INSP, estos costos corresponderían alrededor de \$40.7 millones de dólares a la SSA, con programas de diabetes para no asegurados; \$113.6 para servicios de diabetes para población asegurada por el IMSS y el ISSSTE; 178.4 para el bolsillo de los pacientes diabéticos; y \$10.2 vía Seguros Privados de Salud.

²¹⁴ En 2007 la SSA reportó que el tratamiento de esta enfermedad representó el 34% del presupuesto de servicios sociales del país.

De acuerdo a la International Diabetes Federation el gasto per cápita anual promedio en México durante 2010 ascendió a \$2,201 dólares²¹⁵; este gasto comprende una diversidad de elementos (ver figura 4.4) y varía según el grado de evolución de la enfermedad.

**FIGURA 4.4
COSTO MENSUAL PARA EL CONTROL DE LA DIABETES.**

Concepto	Costo menor	Costo mayor
	(\$)	(\$)
Hemoglobina glucosilada (cada 3 meses)	87	87
Pilas para microinfusora a/	0	100
Visita al endocrinólogo (cada tres meses)	267	700
Tiras reactivas, una caja por semana b/	525	1,050
Antidiabético oral tres dosis al día	338	0
Catéter para microinfusora	0	400
Reservorios para microinfusora	0	400
Insulina	0	450
Pago mensual crédito microinfusora (a 3 años)	0	1,200
Mensual	1,217	4,387
Diario	41	146

Fuente: tomado de El costo de vivir con diabetes; 2007.

Al respecto, en 2007 la Federación Mexicana de Diabetes estimó que cuando el paciente sólo requería algunos medicamentos, gastaba en promedio \$1,217 pesos mensuales, pero este gasto ascendía en la medida que los requerimientos terapéuticos farmacológicos se incrementaban lo que suponía un gasto mensual de hasta \$3,954 pesos.

En general los costos asociados a la DM2 se dividen en directos e indirectos; sin embargo, en este estudio se ha buscado identificar los costos más importantes respecto a la prevención y tratamiento de la enfermedad²¹⁶ y no los que mayores montos registran como hospitalizaciones o intervenciones quirúrgicas, para ello se han considerado los niveles de prevención y el curso clínico típico de la DM2 (ver figura 4.5) teniendo esto en cuenta los costos han sido clasificados en:

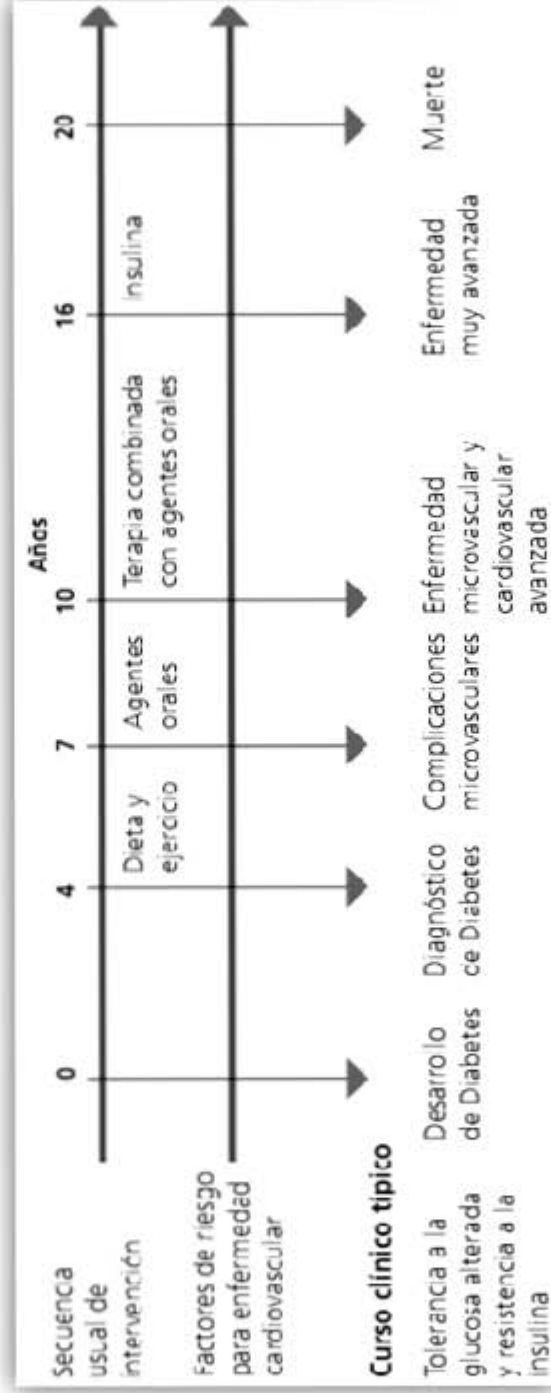
- **Costos no farmacológicos:** incluye todos aquellos costos involucrados en la terapéutica no farmacológica como son las dietas específicas²¹⁷, consultas médicas, instrumentos para medir la glucemia, terapias para tratar alguna invalidez y/o tratamiento psicológico, hospitalizaciones e intervenciones quirúrgicas, etc.
- **Costos farmacológicos:** estos comprenden a la terapéutica farmacológica que el paciente debe seguir para el tratamiento de la enfermedad.

²¹⁵ Considérese que el ingreso per cápita en México durante el primer trimestre de 2010 ascendió a \$9,030.16 dólares; esto quiere decir que los gastos por tratamiento de la DM2 representarían un 24.37% del ingreso.

²¹⁶ Esta propuesta metodológica busca identificar cuáles son los costos a los que se debe poner mayor atención en la elaboración de una PS que busque reducir la incidencia de cualquier enfermedad y disminuya el costo terapéutico para aquellas personas que ya la padecen, evitando, en lo posible, la evolución de la misma.

²¹⁷ Es importante señalar que de todos los artículos revisados referidos a los costos de esta enfermedad en ninguno de ellos se contempló el costo del cambio en los hábitos alimenticios que constituye una de las principales medidas para evitar la aparición o desarrollo de la enfermedad, por ello en este estudio se incluyó este costo debido a la importancia que tiene tanto en el sentido terapéutico como en el impacto económico del ingreso familiar.

FIGURA 4.5
CURSO CLÍNICO TÍPICO DE DM2



Fuente: tomado del Boletín de Práctica Médica Efectiva; INSP 2006.

a) NO FARMACOLÓGICOS.

Según los niveles de prevención los costos referidos a la dieta y la actividad física son los de mayor importancia, seguidos por los relacionados con el diagnóstico y de revisión periódica (consulta médica y análisis de laboratorio), así como los indicadores personales de glucemia.

Los cambios en los hábitos alimenticios a los que se ven obligadas aquellas personas propensas a desarrollar la enfermedad y de las que ya la padecen suponen un costo adicional, ya que la sustitución de los productos alimenticios está directamente relacionada con la disponibilidad y el precio de los mismos, estas variables representan la primera barrera en la terapéutica no farmacológica.

De acuerdo a un estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Epidemiológicas de Argentina, la implementación de un plan dietético personalizado tiene un impacto positivo en el manejo de los pacientes diabéticos, específicamente en los niveles de glucemia; colesterol y triglicéridos; y la tensión arterial, reduciendo de forma significativa los accidentes micro y macrovasculares.

Entre los alimentos que dicho estudio aconseja evitar a las personas con DM2 o propensos a desarrollarla encontramos:

- **Ácidos grasos trans:** margarinas, manteca, grasas comerciales para freír, productos horneados ricos en grasa, galletas dulces y saladas hechas con aceites vegetales.
- **Ácidos grasos saturados:** lácteos enteros, crema de leche, helados de crema, quesos crema y de rallar, quesos grasos, carnes gordas y grasas, fiambres y embutidos, productos con aceites hidrogenados mezclas, aceite de coco, chocolate, manteca de maní.
- **Restringir el consumo de vísceras** (seso, hígado, riñón molleja, corazón, yema de huevo y crustáceos como camarón, langostino y cangrejo).
- **Azúcares simples y dobles:** fructosa (frutas) y galactosa (presente en los productos lácteos); lactosa (presente en los productos lácteos), maltosa (se encuentra en ciertas verduras y en la cerveza) y sacarosa (azúcar de mesa). La miel también es un disacárido.
- **Fibra insoluble:** la mayoría de las hemicelulosa y la lignina (los cereales son especialmente ricos en fibras insoluble, salvado de trigo).

Los alimentos que se recomiendan consumir son:

- **Alimentos con ácidos grasos mono-insaturados:** aceite de oliva, canola, aceitunas, aguacate, nuez.
- **Alimentos con ácido graso Omega 3:** aceite de hígado de bacalao, grasa de pescados de salmón, sardinas, caballa, cangrejo, huevos de gallina alimentadas con alimentos enriquecidos con omega 3.
- **Alimentos con ácido graso Omega 6:** aceite de maíz, uva, girasol, soja.
- Alimentos con azúcares complejos: panes y cereales integrales, verduras ricas en almidón y las legumbres.
- **Fibra soluble:** alimentos altos en pectina como naranjas, manzanas y zanahoria; hojuelas del salvado, cebada y legumbres.

- Utilizar cortes de carnes magros²¹⁸, pollo sin piel, y pescados azules o de aguas frías y profundas de mar.

La ingesta diaria recomendada por la American Diabetes Association y la American Dietetic Association de alimentos (ver cuadro 4.3) que regularmente se incluyen en las dietas de aquellas personas que padecen DM2 comprende:

- Granos, legumbres y verduras con almidón (6 o más porciones).
- Hortalizas (3 a 5 porciones).
- Frutas (2 a 4 porciones).
- Lácteos bajos en grasas (2 a 3 porciones).
- Carnes magras y pescados altos en omega 3 (2 a 3 porciones).

CUADRO 4.3					
ALIMENTOS RECOMENDADOS EN LAS DIETAS PARA PACIENTES CON DM2					
Alimentos recomendados	Perte nece a la canasta básica	Preci o¹ promedio	Precio promedio por grupo de alimentos	Costo de porción mínima diaria	Tamaño de porción² referencial
Frutas			\$34.99	\$5.60	160 gr.
NARANJA, 1 KG. VALENCIA	SI	\$8.76			
MANZANA, 1 KG. STARKING AMERICANA	SI	\$25.42			
AGUACATE, 1 KG. HASS	SI	\$41.88			
MANDARINA, 1 KG	NO	\$10.18			
TORONJA, 1 KG.	SI	\$6.07			
NUEZ, 1 KG DE CASTILLA	NO	\$117.60			
Verduras			\$13.21	\$3.17	240 gr.
ZANAHORIA, 1 KG. MEDIANA	SI	\$7.49			
LECHUGA, PZA. ROMANA	NO	\$7.97			
ESPINACAS, MANOJO	SI	\$5.02			
BROCOLI, 1 KG.	NO	\$12.14			
PIMIENTO, 1 KG. MORRON VERDE	NO	\$23.67			
ACEITUNA, BUFALO, FRASCO 240 GR. MANZANILLA	NO	\$22.96			
Leguminosas			\$13.99	\$3.36	240 gr.
LENTEJA, VERDE VALLE	SI	\$13.91			

²¹⁸ Cortes cárnicos con menos de 10 gr de grasa total, máximo 4.5 gr de grasas saturadas y menos de 95 mg de colesterol por cada 100 gr.

, BOLSA 500 GR.				
FRIJOL, 1 KG. GRANEL. BAYO	SI	\$14.07		
Cereales		\$31.65	\$7.60	240 gr.
BRAN FLAKES, MAIZORO, CAJA 540 GR.	NO	\$29.64		
ALL-BRAN, KELLOGG'S, CAJA 500 GR. ORIGINAL	NO	\$44.15		
PAN DE CAJA, WONDER, PAQUETE GRANDE 680 GR. INTEGRAL. REBANADO	NO	\$21.15		
Lácteos		\$17.73	\$2.84	160 gr.
LECHE ULTRAPASTE URIZADA, LALA. LIGHT, PARCIALMENTE DESCREMADA . CAJA 1 LT.	NO	\$12.23		
YOGHURT, LALA. LIGHT, BOTE 1 KG. NATURAL. 0% GRASA	NO	\$23.22		
Cárnicos		\$66.05	\$10.57	160 gr.
PECHUGA DE POLLO, 1 KG. GRANEL	NO	\$54.79		
CARNE PARA ASAR DE RES, 1 KG. GRANEL	NO	\$74.17		
FALDA DE RES, 1 KG. GRANEL	NO	\$71.21		
FILETE DE RES, 1 KG. GRANEL.	NO	\$205.29		
MILANESA DE TERNERA, 1 KG. GRANEL	NO	\$108.07		
TRUCHA O CORVINA, 1 KG. GRANEL	NO	\$36.00		
SARDINA, CALMEX, LATA 425 GR. EN TOMATE	SI	\$15.11		
ATUN, HERDEZ, LATA 170 GR. EN AGUA	SI	\$10.15		
HUEVO,	SI	\$19.6		

BACHOCO,		9	
PAQUETE			
CON 12 ROJO			
Oleaginosas		\$33.99	\$0.51
15 ml.			
ACEITE,			
CANOIL,	NO	\$25.9	
BOTELLA 1 LT.		5	
CANOLA			
ACEITE,			
MACEITE,	NO	\$20.9	
BOTELLA 1 LT.		9	
MAIZ			
ACEITE DE			
OLIVA ,			
CARBONELL,	NO	\$55.0	
LATA 500 ML.		3	
ESPAÑOL			
Nota: la selección de los productos se hizo con base en las recomendaciones dietéticas de los diversos documentos consultados para la elaboración de este trabajo.			
Se consideró el precio promedio más bajo, las marcas o presentaciones no fueron consideradas para su inclusión.			
¹ Los precios referidos fueron obtenidos del sitio electrónico Brújula de compra de PROFECO para el periodo del 6 al 10 de septiembre de 2010 en la zona metropolitana.			
² Una porción equivale a 80 gr. de acuerdo con la FAO.			

Fuente: elaboración propia.

Considerando estas pautas dietéticas el costo diario ascendería a \$33.63 pesos, con un costo mensual de \$1,009.04 pesos. Aun cuando estas cifras solamente son ilustrativas (éstas dependerán en última instancia del consejo dietético personalizado y la fluctuación de precios), son útiles para comprender que los cambios en los hábitos alimenticios tienen efectos directos en el ingreso familiar²¹⁹, destáquese, también, que la mayor parte de estos alimentos no pertenecen a la canasta básica y que el costo diario dietético representaría el 58.54% del salario mínimo²²⁰.

Respecto a los costos de la actividad física²²¹ estos se refieren principalmente a la vestimenta adecuada para realizar dicha actividad (conjunto y zapatos deportivos) y cuyos precios están en función de los materiales y las marcas; en promedio pude adquirirse esta vestimenta por una cantidad no mayor a \$800 pesos.

En lo concerniente a los costos relacionados con el diagnóstico y de revisión periódica, estos dependerán si el portador de la enfermedad cuenta con seguridad social, si ha contratado algún seguro de gastos médicos o bien carece de cualquiera de estas opciones.

En general el precio de una consulta médica oscila entre \$300 y \$500 pesos, en tanto que el precio de algunos de los análisis de laboratorio oscila entre \$2,291 y \$2,939 pesos (ver figura 4.6).

²¹⁹ Este costo dietético mensual representaría el 14.03% de los ingresos totales considerando el ingreso promedio mensual cotizado por el IMSS para 2010 de \$7191.37 pesos.

²²⁰ Se ha considerado el salario mínimo de la zona "A" que comprende, entre otros, al Distrito Federal y Área Metropolitana al cual fue en 2010 de \$57.46 pesos.

²²¹ No se ha considerado los costos de pertenencia a gimnasios privados o clubes deportivos ya que la actividad física recomendada no amerita el ingreso a dichos establecimientos.

Finalmente están los indicadores de glucemia que comprenden a los glucómetros y las tiras reactivas necesarias para que éstos funcionen, los primeros pueden obtenerse a partir de \$489 pesos y las segundas a partir de \$90²²².

FIGURA 4.6
ESTUDIOS DE LABORATORIO RELACIONADOS CON EL DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DE LA DM2

Estudios	Laboratorio			Precio total por cuatro estudios (trimestrales) en un año		
	Polanco	Quest diagnostic	Chopo	Polanco	Quest diagnostic	Chopo
Química sanguínea completa ^{1/}	\$841	\$700*	\$998	\$3,364	\$2,800	\$3,992
Perfil tiroideo	\$1,142	\$1,083	\$586*	\$4,568	\$4,332	\$2,344
Insulina	\$416	\$398	\$462	\$1,664	\$1,592	\$1,848
Curva de tolerancia a la glucosa ^{2/}	\$540	\$810	\$1,049	\$2,160	\$3,240	\$4,196
Precio total de todos los estudios	\$2,939	\$2,291	\$2,509	\$11,756	\$11,964	\$12,380

Fuente: tomado de El peso del sobrepeso; 2009.

El costo varía según el progreso de la enfermedad y los resultados que se obtengan de la terapéutica implementada, es decir, si la enfermedad continúa su evolución y el enfermo no responde favorablemente a la terapéutica se incrementara el uso de tiras reactivas; si consideramos una caja por semana el costo mensual rondaría los \$360 pesos.

A partir de estos indicadores podemos estimar el costo anual aproximado de la terapéutica no farmacológica (considerando solo las medidas de prevención primaria) en \$36,673.52 pesos (ver cuadro 4.4) este monto representaría el 42.50% del salario anual²²³ de una persona diabética.

CUADRO 4.4	
COSTOS ANUALES DE TERAPEUTICA NO FARMACOLOGICA	
Costo dietético anual	12,108.52
Vestido deportivo	800
Consultas ¹	7,200
Análisis de laboratorio	11,756
Glucómetro	489
Tiras reactivas	4,320
Total	\$36,673.52

¹Considerando 2 consultas mensuales.

Fuente: elaboración propia.

²²² Caja con 25 piezas.

²²³ Considerando un salario anual de \$86,296.50 pesos (ver nota al pie 217).

b) FARMACOLÓGICOS.

Como se había mencionado la terapéutica farmacológica se inicia cuando las medidas de prevención primaria no han sido favorables y la enfermedad continúa su evolución; esta terapéutica depende de factores tales como la historia clínica o el estado físico del paciente, en general se siguen dos algoritmos de medicación:

- Medicación para personas con peso normal (IMC 20-25 kg/m²), ver figura 4.6.
- Medicación para personas con sobrepeso u obesidad (IMC > 25 kg/m²), ver figura 4.7.

En ambos casos la medicación se prescribe a partir de la segunda fase de tratamiento, la diferencia consiste principalmente en los tipos de fármacos a recetar y la combinación de estos.

Los costos de estos tratamientos parten de \$19.92 y \$54.91 pesos (ver cuadros 4.5 y 4.6) en la fase inicial de la terapéutica farmacológica y pueden llegar a representar \$2,744.53 pesos en la cuarta fase de tratamiento, téngase en cuenta que estos costos se basan en los precios internacionales y no reflejan los precios del mercado mexicano por lo que solo son ilustrativos.

A estos costos deben sumarse todos aquellos generados por el tratamiento de patologías que se llegan a producir como consecuencia de la DM2 (nefropatía, retinopatía, cardiopatía, etc.)²²⁴.

Considerando tanto los costos mínimos farmacológicos y no farmacológicos el tratamiento per cápita anual ascendería a \$39,418.05 pesos, lo que representaría el 45.68% del salario²²⁵ de una persona diabética.

En lo concerniente al origen tecnológico de los fármacos utilizados en el tratamiento de esta enfermedad (ver capítulo III) en todos los casos proceden del extranjero²²⁶, de hecho, la insulina²²⁷ es en su totalidad importada lo que ha llevado a la SSA a considerar indispensable la producción nacional de este fármaco.

Es claro que la DM2 es una enfermedad que afecta profundamente la salud y la economía de aquellas personas que la padecen, el estudio de costos que se ha presentado pretende dar cuenta de la urgencia de una PS que tome en cuenta las raíces del problema (problemas de nutrición, sedentarismo y dependencia tecnológica) y busque en el mediano y largo plazo abatir la incidencia y brindar una mejor calidad de vida a los enfermos de DM2.

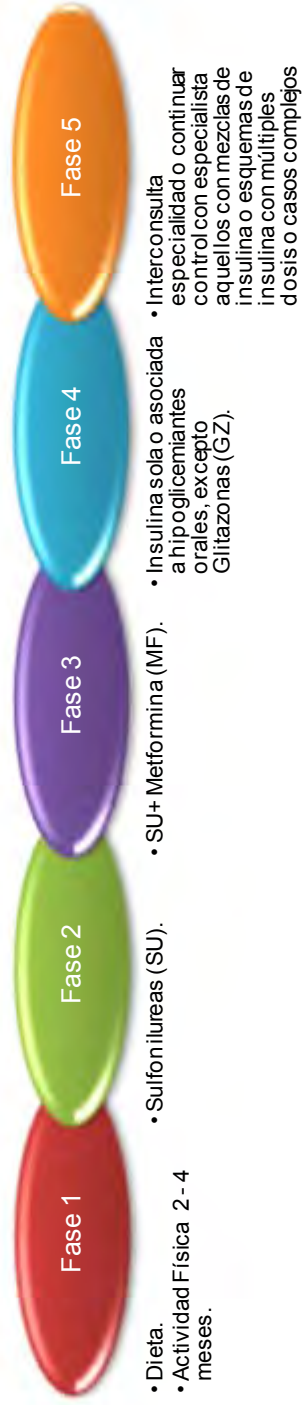
²²⁴ Un estudio de la OMS estimo para el año 2000 estos costos en \$2,480.4 dólares per cápita.

²²⁵ Ver nota al pie 221.

²²⁶ En 2010 Laboratorios Silanes, empresa nacional, anunciaban el desarrollo de un fármaco que combinaba glimepirida y metformina y el cual reducía la propensión de los enfermos con DM2 a sufrir un infarto, aun cuando es positivo el hallazgo es importante señalar que no existe un desarrollo tecnológico propio ya que depende de dos tecnologías cuyo origen es extranjero por lo que solo puede considerarse a este tipo de inventos como procesos imitativos con aprendizaje tecnológico marginal y carente de vanguardia tecnológica pues estos tipos de fármacos no pueden ser considerados dentro de las drogas de nueva generación basadas en biotecnología.

²²⁷ En 2003 se estimo que sólo el 4% de los enfermos de DM2 utilizaban algún tipo de insulina.

FIGURA 4.6
MEDICACIÓN PARA PERSONAS CON PESO NORMAL



Fuente: elaboración propia con información de **Ministerio de Salud, Guía Clínica; Chile 2006.**

**CUADRO 4.5
MEDICACIÓN PARA PERSONAS CON PESO NORMAL**

FÁRMACO	DOSIS MÍNIMA-MÁXIMA DIARIA (mg)	PRECIO¹ USD	COSTO ANUAL² MX
FASE 2			
SULFONILUREAS			
TOLBUTAMIDA 500 mg	1000 - 2000	0.0273	265.32
CLOPROPAMIDA 250 mg	250 - 500	0.0292	141.89
GLIBENCLAMIDA 5 mg	5 - 20	0.0041	19.92
FASE 3			
SULFONILUREAS			
GLIBENCLAMIDA 5 mg	5 - 20	0.0041	19.92
BIGUANIDAS			
METFORMINA 500 mg	500 - 2550	0.0113	54.91
TOTAL		0.0154	74.83
FASE 4			
INSULINA³			
INSULINA REGULAR (HUMANA HUMULIN R) 10 ml ⁴	27.47	26.697	2,669.70
NPH + CRISTALINA (HUMAN, MIXTARD) 10 ml	27.47	3.2443	4,379.26
SULFONILUREAS			
GLIBENCLAMIDA 5 mg	5 - 20	0.0041	19.92
BIGUANIDAS			
METFORMINA 500 mg	500 - 2550	0.0113	54.91
TOTAL			2,744.53

Nota:

Se consideraron las dosis mínimas y los medicamentos de menor precio para determinar los totales de la medicación combinada en las fases 3 y 4

Los precios referidos fueron obtenidos de la International Drug Price Indicator Guide, por lo que no reflejan los precios reales del mercado que debe pagar el consumidor mexicano.

¹ Precio unitario (tableta, capsula o ml).

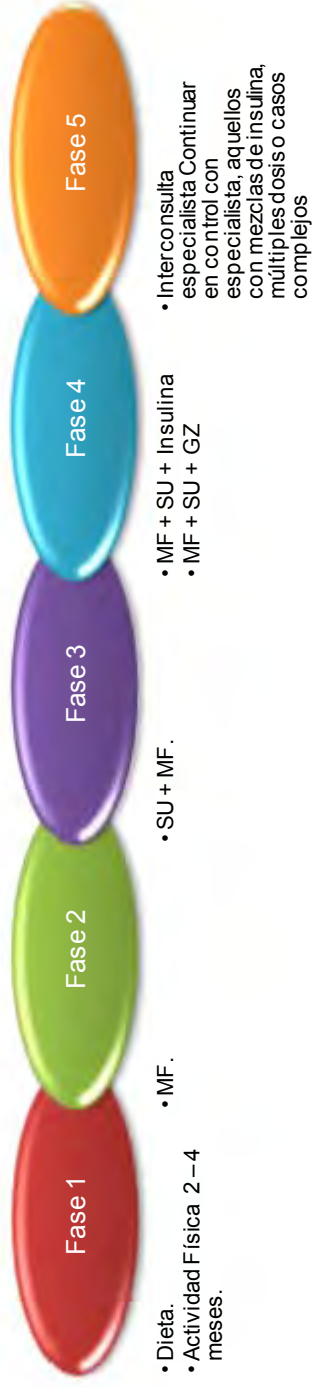
² Considerando el tipo de cambio promedio durante 2009 de \$13.49 pesos por dólar.

³ Considerando un consumo per cápita de 10,000 unidades anuales según un estudio de la Asociación Nacional Mexicana de Educadores en Diabetes (solo es ilustrativo, las dosis están en función de los estados de glucemia del enfermo).

⁴ Precio en pesos con datos de la Brújula de compra de PROFECO para el periodo del 6 al 10 de septiembre de 2010 en la zona metropolitana.

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 4.7
MEDICACIÓN PARA PERSONAS CON SOBREPESO U OBESIDAD



Fuente: elaboración propia con información del Ministerio de Salud, Guía Clínica; Chile 2006.

**CUADRO 4.6
MEDICACIÓN PARA PERSONAS CON SOBREPESO U OBESIDAD**

FÁRMACO	DOSIS MÍNIMA-MÁXIMA DIARIA (mg)	PRECIO¹ USD	COSTO ANUAL² MX
FASE 2			
BIGUANIDAS			
METFORMINA 500 mg	500 - 2550	0.0113	54.91
FASE 3			
SULFONILUREAS			
GLIBENCLAMIDA 5 mg	5 - 20	0.0041	19.92
BIGUANIDAS			
METFORMINA 500 mg	500 - 2550	0.0113	54.91
TOTAL		0.0154	74.83
FASE 4			
INSULINA³			
INSULINA REGULAR (HUMANA HUMULIN R) 10 ml ⁴	27.47	26.697	2,669.70
NPH + CRISTALINA (HUMAN, MIXTARD) 10 ml	27.47	3.2443	4,379.26
SULFONILUREAS			
GLIBENCLAMIDA 5 mg	5 - 20	0.0041	19.92
BIGUANIDAS			
METFORMINA 500 mg	500 - 2550	0.0113	54.91
TOTAL			2,744.53

Nota:

Se consideraron las dosis mínimas y los medicamentos de menor precio para determinar los totales de la medicación combinada en las fases 3 y 4

Los precios referidos fueron obtenidos de la International Drug Price Indicator Guide, por lo que no reflejan los precios reales del mercado que debe pagar el consumidor mexicano.

¹ Precio unitario (tableta, capsula o ml).

² Considerando el tipo de cambio promedio durante 2009 de \$13.49 pesos por dólar.

³ Considerando un consumo per cápita de 10,000 unidades anuales según un estudio de la Asociación Nacional Mexicana de Educadores en Diabetes (solo es ilustrativo, las dosis están en función de los estados de glucemia del enfermo).

⁴ Precio en pesos con datos de la Brújula de compra de PROFECO para el periodo del 6 al 10 de septiembre de 2010 en la zona metropolitana.

Fuente: elaboración propia.

C. ESTUDIO DE CLÚSTER CIENTÍFICO & TECNOLÓGICO.

1. IMPORTANCIA DEL DCT EN LA PREVENCIÓN Y EL TRATAMIENTO DE LA DM2.

A lo largo de este trabajo se ha destacado la importancia del DCT en el contexto económico y social, dado el objeto de estudio, se han enfatizado los beneficios que trae éste para la salud humana. En ese sentido la genómica, proteómica, biología de sistemas, biofísica, etc. han permitido una mejora considerable en las terapéuticas necesarias para tratar las diversas patologías que nos aquejan, ejemplo de ello han sido la creación de medicamentos²²⁸ que presentan mayor eficacia y con menores efectos secundarios.

Una de las patologías a las que mayor interés se ha puesto en el DCT ha sido la DM2, desde la década de los 70's con la producción de insulina humana a partir de BM el desarrollo de nuevas terapéuticas para tratar esta patología ha ido sofisticándose buscando imprimir en ellas una mayor eficacia y reducir los efectos adversos en el paciente²²⁹; esto es importante pues en muchas ocasiones el consumo de cualquier fármaco queda condicionado (ver cuadro 4.7) al perfil clínico del enfermo.

CUADRO 4.7 CONTRAINDICACIONES Y EFECTOS ADVERSOS DE GRUPOS FARMACOLÓGICOS RECETADOS A PACIENTES CON DM2		
Grupo farmacológico	Contraindicación	Efectos adversos
SULFONILUREAS	-Insuficiencia hepática, insuficiencia renal (creatinina > 1,5 mg/dl), por provocar hipoglicemias graves por aumento de la vida media. -Alergia e hipersensibilidad a las sulfo-drogas. Embarazo y lactancia.	-El más frecuente es la hipoglicemia. -En forma excepcional se puede presentar intolerancia gastrointestinal, reacciones cutáneas (rash, dermatitis), alteraciones hematológicas, trastornos hepáticos (ictericia colostásica).
BIGUANIDAS	-Procesos metabólicos isquémicos agudos (shock, IAM). En toda patología asociada a la diabetes que evoluciona con hipoxia tisular (insuficiencia pulmonar, cardíaca). - Insuficiencia renal (creatinina > 1,5 mg/dl) - Insuficiencia hepática. - Desnutrición. - Afecciones gastrointestinales concomitantes.	-Trastornos digestivos, meteorismo, náuseas, vómitos y, especialmente, diarrea. La diarrea puede presentarse incluso meses o años después de haberse iniciado el uso de metformina. Se recomienda suspender la droga durante 10 días y observar la evolución antes de efectuar estudios digestivos. -Otros efectos adversos infrecuentes: alergias cutáneas, disminución de los niveles plasmáticos de vitamina B12 y acidosis láctica.
GLITAZONAS	- Daño hepático crónico - Insuficiencia cardíaca - Anemia crónica. Se ha observado disminución de los niveles plasmáticos de hemoglobina de 3 a 4% por hemodilución. - Embarazo	-Aumento de peso de 3,0 a 5,0 kg en el período de un año. -Edema de extremidades inferiores de grado leve o moderado.

Fuente: elaboración propia con información del Ministerio de Salud, Guía Clínica; 2006.

Considerando esto, los estudios científicos y clínicos de la enfermedad, así como el desarrollo de la BM han ofrecido nuevas líneas de I&D en la terapéutica que no solo

²²⁸ Según su origen los medicamentos se dividen en: medicamentos de síntesis o semisíntesis, de origen humano, de plantas medicinales, radiofármacos, homeopáticos, biotecnológicos, fórmulas magistrales, hemoderivados e inmunológicos; en la producción de la mayoría de estos fármacos intervienen procesos biotecnológicos.

²²⁹ En 2010 la FDA retiró del mercado un fármaco (Avandia) recetado para el tratamiento de la DM2 producido por la empresa GLAXOSMITHKLINE debido a que su ingesta aumentaba la probabilidad de ataque al corazón.

buscan el tratamiento sino que ahora se enfoca a evitar la aparición de la DM2, por ejemplo la ingeniería tisular, la terapia génica o de células madre ofrecen nuevas alternativas para la recuperación o regeneración de tejidos dañados y son consideradas como la base de la próxima generación de nuevos medicamentos.

En cuanto a los estudios científicos y la asociación clínica a las enfermedades, la biomédica referida a la variación genética busca la identificación sistemática de las variantes más comunes en los genes humanos y en sus regiones promotoras (lo que se han denominado “single nucleotide polymorphism” o SNP; ver capítulo II) identificando factores genéticos de riesgo o combinaciones de los mismos relevantes para el desarrollo de enfermedades de causas complejas como la DM2.²³⁰

Respecto a las opciones que la BM ofrece u ofrecerá en la prevención, diagnóstico y tratamiento de la DM2 podemos enunciar a:

- Microarrays para el diagnóstico de la enfermedad e identificación de terapéutica adecuada según el perfil clínico del paciente.
- Terapia génica en el desarrollo de medicina personalizada (farmacogenómica).
- Nanobiotecnología y proteómica.²³¹
- Trasplante y regeneración tisular con base en la diferenciación celular.²³²
- Alimentos nutracéuticos.

Sin embargo, lo más importante que el DCT debe ofrecer es el conocimiento sobre las interacciones genético-ambientales desencadenantes del inicio o la reactivación de los procesos en huéspedes susceptibles a la DM2. Es por ello que el abordaje de esta y cualquier otra patología debe darse en un contexto temático-integral, que busque la transferencia rápida y eficaz del conocimiento obtenido en las pruebas de laboratorio al diagnóstico y tratamiento de los pacientes y posteriormente a la industria.

Para ello se hace necesario el establecimiento de sinergias científicas entre los diversos actores que inciden en la búsqueda de soluciones, comprendiendo que dichas soluciones deben de tener un fundamento holístico en donde intervienen agentes de las más diversas ciencias (medicina, biología, genética, física, economía, derecho, etc.).

2. ESTUDIO DE CLÚSTER.

En el capítulo I se definió al clúster como una red colaborativa de actores (personas, empresas y/o instituciones públicas²³³) que constituyen un sistema de valor, y que esta red era resultado de las sinergias establecidas entre estos actores.

Así mismo se detalló que existían distintos niveles de estudio de clústers y que en cada nivel podríamos encontrar distintos tipos y subtipos de clúster, por ejemplo:

- Científico.

²³⁰ Al respecto un estudio publicado en 2010 por Nature Magazine demostraba la relación que existía entre la presencia de DM2 y el factor genético asociado al cromosoma X en las regiones KCNQ1 y HNF1A.

²³¹ Investigadores de la Universidad de Calgary (Canadá) publicaban en 2010 sobre la posible cura de la DM1 (insulinodependiente) a través de una “nanovacuna” resultado del estudio de las células T responsables de coordinar las acciones inmunológicas que lleva a cabo el organismo.

²³² En 2009 Esteban Estrada, investigador Argentino, anunciaba el éxito de terapia con células madre orientada a la curación de la DM2, obteniendo un 80% de mejoría en los 200 pacientes tratados.

²³³ Cabe señalar que Buitelaar al igual que Dosi incorpora a las instituciones como un vector en la generación de empresas competitivas, que en el caso de Porter las incluye en el factor gobierno como agente inductor o represor en la generación de ventajas competitivas.

- Tecnológico.
- Industrial.
- Financiero.

Teniendo esto en cuenta, podemos inferir que el estudio de clúster o *clustering* es esencial en la búsqueda de soluciones holísticas a problemas específicos, en nuestro caso la DM2.

Debido a la limitación de recursos (humanos, materiales y financieros) que ha tenido este trabajo se ha desarrollado un clustering que focaliza su atención en el de tipo científico y tecnológico, pues éstos son considerados la base de las soluciones e innovaciones que pueden comportar beneficios sociales y/o económicos en el área de la salud.

a) Metodología.

El presente clustering es un estudio longitudinal y retrospectivo de las publicaciones científicas y las invenciones tecnológicas que se enfocan a desentrañar las cuestiones referidas a la DM2 en el contexto internacional durante el periodo 1990-2010. Con base en ello se busca determinar la evolución y el perfil científico-tecnológico, autoral, institucional y geográfico en donde se está produciendo el conocimiento, para ello se han considerado como base del análisis a los recursos humanos, pues jerárquicamente son las personas quienes crean el conocimiento.

El estudio se ha dividido en dos secciones: clúster científico y clúster tecnológico; el primero se enfoca a identificar a los principales autores, instituciones y países que han estudiado a la DM2; el segundo pretende reconocer las familias tecnológicas ubicando a los inventores, instituciones y países que mayores aplicaciones tecnológicas (patentes) han desarrollado a partir del conocimiento que tienen de la DM2.²³⁴

El sustento teórico en la elección y manejo de estas variables descansa en 3 aspectos principales:

1. La teoría bibliométrica cuyas técnicas metodológicas son esenciales en la evaluación de la producción científica y de todos los fenómenos ligados a la comunicación de la ciencia y la tecnología.

Los indicadores que a menudo son utilizados por la bibliometría son:

- Productividad de autores, medida por el número de artículos científicos publicados.
- Reconocimiento de autores (autores más citados)
- Temáticas sobre las que más artículos se publican, medida por la frecuencia de uso de las palabras claves y frases y por la clasificación internacional en el caso de las patentes.
- Distribución de autores, de instituciones y de países.

Los medios de referencia para la elaboración de este tipo de estudios son las publicaciones especializadas ya que poseen cuerpos de expertos cuya tarea consiste en valorar la trascendencia científica y/o social de las investigaciones.

²³⁴ En ambos casos se consideraron solo a los 10 principales actores (país, institución, autor e inventor).

Es importante destacar que para los fines del clustering no basta con identificar a los actores con un mayor número de artículos publicados, sino a la combinación de productividad y reconocimiento, es por ello que en nuestro caso hemos partido de la identificación de los recursos humanos que mayor contribución científica (productividad y reconocimiento) han hecho al estudio de la DM2 en las principales publicaciones que han tratado esta enfermedad; a partir de estos indicadores se han identificado instituciones y países en donde se está produciendo los mayores ratios de conocimiento vanguardista.

2. Los indicadores utilizados por la teoría evolucionista (ver capítulo I), comúnmente asociados a los análisis de la economía del conocimiento y la metodología *Knowledge Assessment Methodology* elaborada por el Banco Mundial y cuyo objetivo es medir la capacidad de cada nación para generar competitividad basada en la generación del conocimiento.

Los indicadores relacionados con estos aspectos teóricos considerados para este estudio fueron:

- Número de patentes.
- Actores con mayor número de solicitudes (patentadores).
- Productividad inventiva (número de solicitudes) de los actores.
- Clases tecnológicas referidas a una necesidad.

3. El Análisis de Redes Sociales (ARS)²³⁵ cuyo propósito es examinar las formas en que individuos u organizaciones se conectan o vinculan, con el objetivo de determinar la estructura general de la red, sus grupos y la posición de los individuos u organizaciones singulares en la misma.

Par fines de este trabajo se consideraron los siguientes indicadores de los ARS:

- **Grado:** Expresa el porcentaje de lazos que tiene un actor (nodo); cuanto mayor es el grado mayor será el número de actores con las que se conecta un nodo y, por tanto, representa la cantidad de enlaces pero no la calidad de los mismos.
- **Cercanía:** Es el índice de cercanía de un nodo con el resto de la red. Representa el nivel de independencia de un actor, esto es, la capacidad de llegar directamente a muchos de los otros miembros de la red sin apoyarse en intermediarios.
- **Intermediación:** Mide el grado en que un punto está situado entre los otros puntos de la red; su importancia radica en que mide la capacidad que tienen los nodos para conectar diversos grupos y hacer de intermediarios, por lo que normalmente éstos se asocian a los actores con mayor capacidad de innovación.

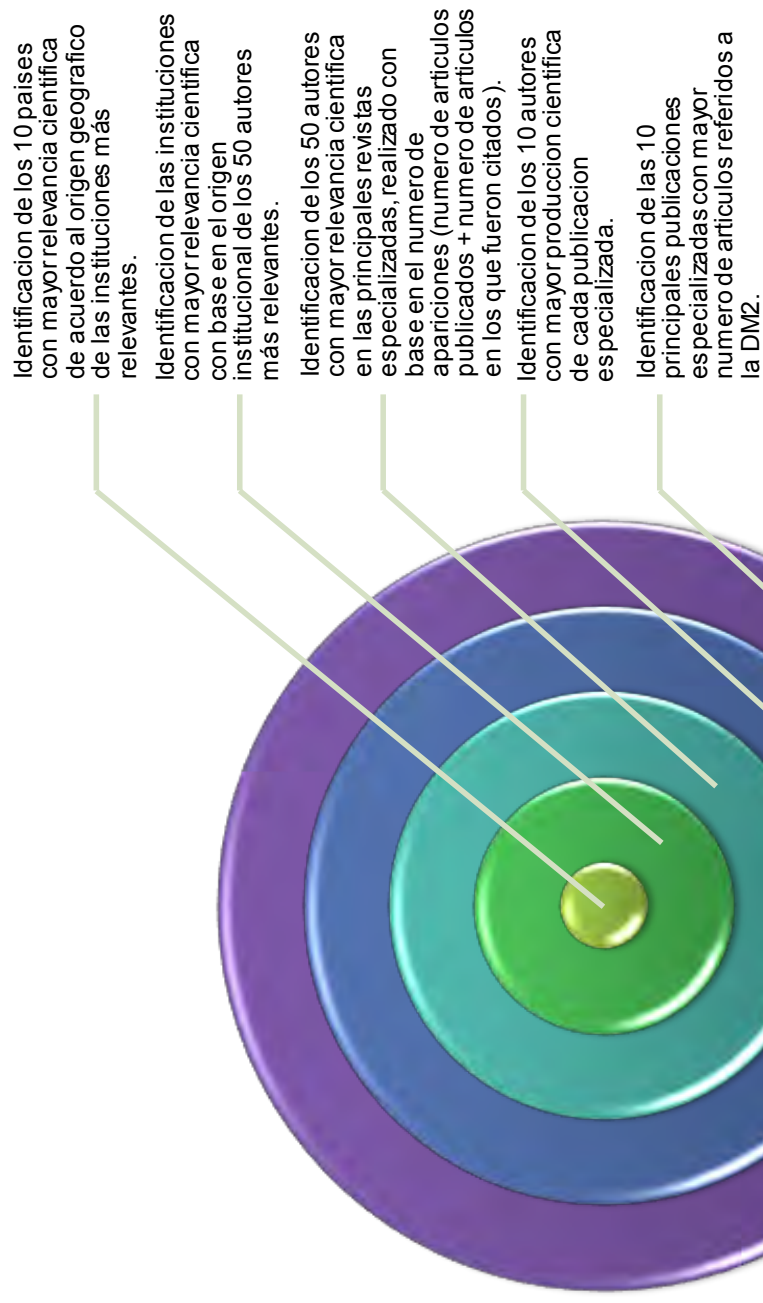
Debido al carácter internacional del estudio y la limitación de recursos, se han elegido dos motores de búsqueda de datos: PUBMED²³⁶ y PATENTSCOPE²³⁷; gracias a su amplitud en el acceso a información y diversidad documental estos motores se perfilan como los de mayor importancia en las temáticas que se analizan (medicina y propiedad intelectual).

²³⁵ Las herramientas matemáticas utilizadas en el ARS se basan en la teoría de grafos, estadística, métricas, entre otras. Estos estudios son ampliamente utilizados en la gestión del conocimiento, psicología, geografía, bibliotecología, medicina, matemáticas, biología, etc.

²³⁶ Es un motor de búsqueda de libre acceso a la base de datos MEDLINE de citas y resúmenes de artículos de investigación biomédica que es ofrecido y administrado por la Biblioteca Nacional de Medicina de EUA.

²³⁷ Es un buscador gestionado por la OMPI que incluye más de un millón de solicitudes de patentes publicadas de todos aquellos países que pertenecen a la OMPI.

FIGURA 4.8
MODELO DE CLUSTERING



Fuente: elaboración propia.

b) CLÚSTER CIENTÍFICO.

Este tipo de clúster se distingue por la especialización hacia alguna actividad científica en donde los actores muestran una producción vanguardista de conocimiento en el sentido de la relevancia o impacto científico que dicho conocimiento tiene en el ámbito local, regional, nacional o internacional.

De esta forma el modelo (ver figura 4.8) planteado para la elaboración del clustering científico partió de la identificación de publicaciones especializadas con mayor número de artículos referidos a la DM2 y autores con mayor número de apariciones en estas publicaciones, para finalmente identificar instituciones y países que mayor aportación e influencia tienen en el estudio de la DM2 en el plano internacional.

► Resultados bibliométricos.

Se identificaron 63,838 artículos²³⁸ referidos a la DM2, del total de artículos el mayor porcentaje fue producido por EUA, 21.70%; seguido de Japón, 6.77%; y Reino Unido, 6.11% (ver cuadro 4.8); México ocupó el 26° lugar con una producción de 352 artículos.

CUADRO 4.8 PAÍSES CON MAYOR NÚMERO DE ARTÍCULOS PUBLICADOS			
País	Artículos	Porcentaje	
USA	14,937	21.70%	
JAPAN	4,662	6.77%	
UNITED KINGDOM	4,209	6.11%	
GERMANY	2,817	4.09%	
ITALY	2,611	3.79%	
FRANCE	1,882	2.73%	
CHINA	1,645	2.39%	
NETHERLANDS	1,432	2.08%	
CANADA	1,356	1.97%	
AUSTRALIA	1,320	1.92%	

Fuente: elaboración propia con datos de PUBMED; 2010.

Las publicaciones especializadas con mayor número de artículos donde se estudió la DM2 fueron: Diabetes Care, 5.93%; Diabetologia, 2.77%; y Diabetes, 2.68% (ver cuadro 4.9); en todos los casos el origen de las publicaciones perteneció a PD siendo las publicaciones estadounidenses las de mayor importancia ya que en conjunto representaron el 54.33% del total de artículos publicados en las 10 principales publicaciones.

CUADRO 4.9 PRINCIPALES PUBLICACIONES				
Publicación	Artículos	Porcentaje	Origen	
Diabetes Care	4,082	5.93%	EUA	
Diabetologia	1,908	2.77%	Alemania	
Diabetes	1,844	2.68%	EUA	
Diabetic Medicine	1,633	2.37%	Reino Unido	
Diabetes Research and Clinical Practice	1,270	1.84%	Países Bajos	
Metabolism: Clinical and Experimental	979	1.42%	EUA	
Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism	707	1.03%	EUA	
Diabetes, Obesity & Metabolism	541	0.79%	Reino Unido	
Diabetes & Metabolism	534	0.78%	Francia	
Lancet	513	0.75%	Reino Unido	

Fuente: elaboración propia con datos de PUBMED; 2010.

²³⁸ Al 29 de septiembre de 2010.

Respecto a los 50 autores con mayor impacto científico (producción y relevancia) en las principales publicaciones, los autores más destacados fueron: Pedersen O., Groop L. y Haffner S. (ver cuadro 4.10); el autor mexicano con el mayor número de trabajos y citas es Rodríguez Morán, M. perteneciente al IMSS con 5 apariciones.²³⁹ Es importante resaltar que aun cuando EUA es en esta variable el país con un mayor número de investigadores dentro del ranking, los autores europeos son los que mayor influencia tienen al ubicarse en los primeros sitios.

De acuerdo a la procedencia institucional de los 50 autores con mayor impacto científico, las instituciones más relevantes fueron: Steno Diabetes Center, University of Texas y Diabetes Research Centre; obsérvese que una institución perteneciente a un PED ocupa el tercer lugar en la relevancia institucional lo que deja entrever la calidad en I&D que producen los grupos de investigación en India.

CUADRO 4.10 AUTORES CON MAYOR IMPACTO CIENTIFICO		
Autor	Número de apariciones (productividad y reconocimiento)	Residencia
Pedersen O	153	Dinamarca
Groop L	140	Suecia
Haffner S	133	EUA
Hattersley A	132	Reino Unido
Hansen T	115	Dinamarca
Knowler W	115	EUA
Laakso M	112	Finlandia
Froguel P	109	Francia
Defronzo R	98	EUA
Zimmet P	97	Australia

Fuente: elaboración propia con datos de PUBMED; 2010.

CUADRO 4.11 INSTITUCIONES CON MAYOR IMPACTO CIENTIFICO		
Institución	Número de apariciones de autores más destacados¹	Origen
Steno Diabetes Center	268	Dinamarca
University of Texas	265	EUA
Diabetes Research Centre	184	India
Pheonix Clinical Research	170	EUA
Radcliffe Infirmary	148	Reino Unido
University of Lund	298	Suecia
University of Exeter	304	Reino Unido
University of Kuopio	255	Finlandia
INSERM	242	Francia
Yale University	225	EUA

¹ Considerando a los 50 autores con mayor productividad y reconocimiento en las principales publicaciones.

Fuente: elaboración propia con datos de PUBMED; 2010.

Finalmente, los países con mayor influencia en la investigación de la DM2 según la procedencia institucional de los autores más destacados fueron: EUA, Reino Unido y Dinamarca (ver cuadro 4.12). Es importante señalar que al considerar el impacto científico dos PED (India y China) logran ubicarse dentro de los 10 primeros sitios, ello deja claro la

²³⁹ En este caso se consideraron el número de apariciones en todas las publicaciones indizadas en PUBMED que han estudiado a la DM2.

calidad en I&D que se está produciendo en estos países lo que puede significarles una reducción en la dependencia científica y tecnológica en el mediano y largo plazo.

CUADRO 4.12 PAÍSES CON MAYOR IMPACTO CIENTIFICO	
País	Número de apariciones de autores más destacados ¹
USA	1387
UNITED KINGDOM	520
DENMARK	433
JAPAN	366
FINLAND	201
INDIA	184
CHINA	151
SWEDEN	140
FRANCE	109
AUSTRALIA	97

¹ Considerando a los 50 autores con mayor producción científica y reconocimiento en las principales publicaciones.
Fuente: elaboración propia con datos de PUBMED; 2010.

➤ Resultados del ARS.

Los indicadores de centralidad generados por el ARS tienen por objeto enriquecer la información anteriormente expuesta permitiéndonos conocer las relaciones, cercanías e intermediaciones entre las diferentes instituciones que conforman la red internacional²⁴⁰ que mayor impacto científico ha tenido en el estudio de la DM2 (RC-DM2); es decir, en este análisis cobra importancia el impacto científico institucional en cada una de las publicaciones estudiadas, es por ello que ya no se consideran los totales absolutos como en el análisis bibliométrico previamente visto.

Considerando lo anterior, se encontró que el grupo de instituciones que mayor influencia tienen en la RC-DM2 (ver cuadro 4.13) está conformado en su mayoría por instituciones de origen japonés y estadounidense, ambos grupos presentan el mayor número de conexiones, las que más rápidamente pueden comunicarse con el resto de los actores que conforman la red y las que mayor intermediación tienen por lo que su papel es neurálgico en la cohesión de la red, resultando particularmente necesario para el flujo de conocimientos entre las publicaciones francesas y las del resto de la red (ver figuras 4.12 y 4.13).

En cuanto a la captación y concentración²⁴¹ de conocimiento vanguardista a través de sus publicaciones EUA, Reino Unido y Alemania son los países que mayor poder tienen sobre la red, aun si se añadieran a todos los actores que hayan producido conocimiento referido a la DM2, estos tres países seguirían siendo los principales actores de la red resultado del impacto científico que tienen sus publicaciones.

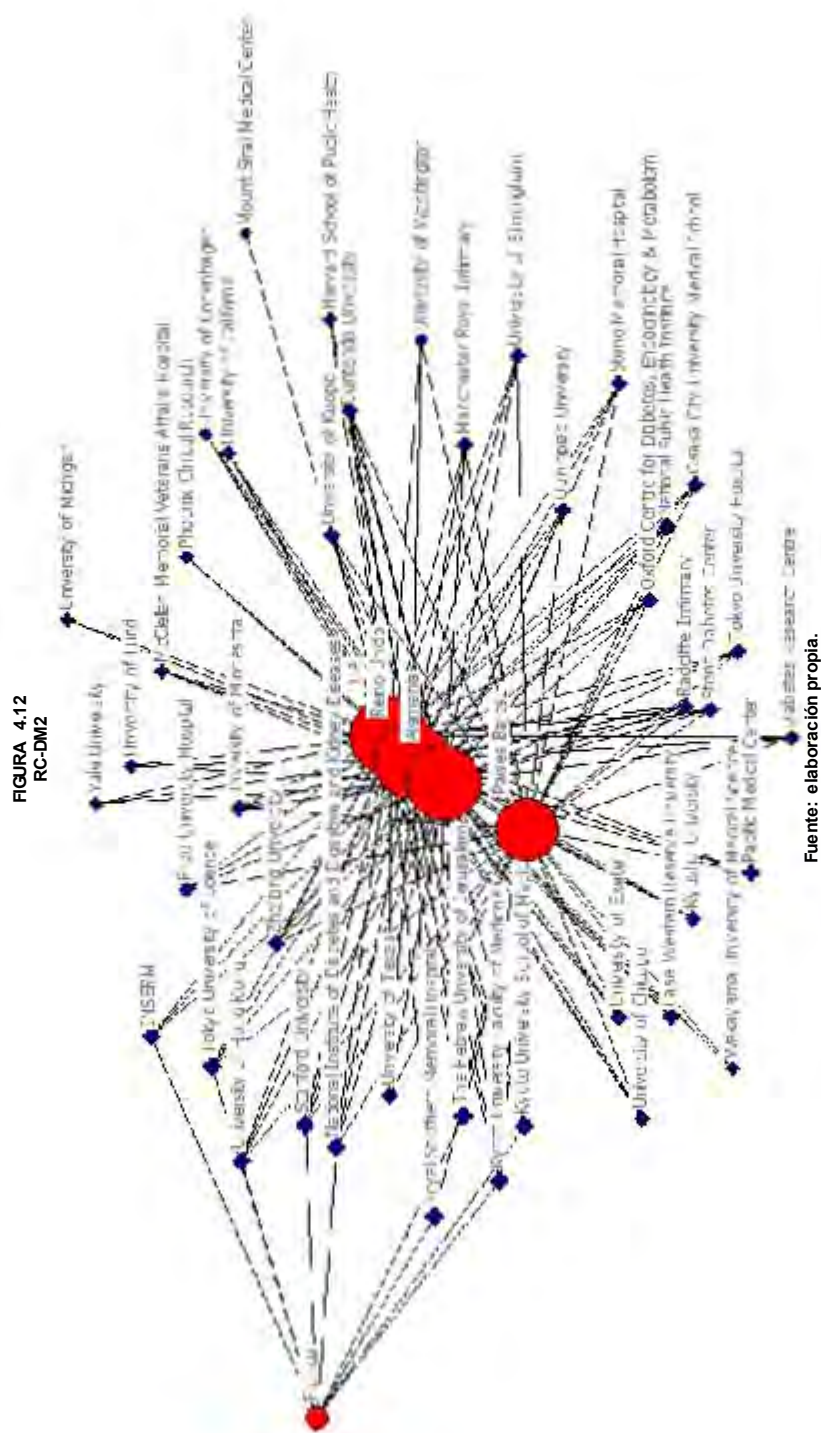
Debido a la novedad en la formulación del modelo²⁴² referido al ARS para la DM2 y con la intención observar la veracidad de los argumentos que se han presentado se muestra el ranking (ver cuadro 4.14) elaborado por SCImago uno de los principales grupos

²⁴⁰ Esta red se basa en el origen de las principales publicaciones que han tratado la DM2.

²⁴¹ Este dato cobra relevancia en el sentido del aprendizaje científico que pueden tener estos países resultado del acceso a un mayor volumen de estudios científicos; téngase en cuenta que el acceso a la mayor parte de los artículos publicados en estas revistas está condicionado a un pago, por lo que los PED se ven obligados a destinar una mayor proporción de sus recursos financieros destinados a I&D para el pago de licencias si desean estar actualizados en la evolución de las ciencias. Aunado a ello está la reducción en los costos de aprendizaje (ver capítulo I) debido a que las investigaciones recibidas en las publicaciones especializadas no siempre recibieron financiamiento proveniente de estos países.

²⁴² De los artículos referidos a los ARS estudiados para la elaboración de este trabajo, en ningún caso se observó un modelo de análisis similar al que aquí se ha presentado.

internacionales dedicados a elaborar estudios bibliométricos, si bien en este caso el estudio no llega al grado de especialización como el que aquí se ha presentado si es una buena guía para verificar que EUA, Reino Unido y Alemania son los principales creadores y administradores del conocimiento endocrinológico el cual incluye el referido al de la DM2.



CUADRO 4.14
PRINCIPALES PAÍSES EN LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO REFERIDO A LA ENDOCRINOLOGÍA, DIABETES Y METABOLISMO
1996-2008

	COUNTRY	DOCUMENTS	CITABLE DOCUMENTS	CITATIONS	SELF-CITATIONS	CITATIONS PER DOCUMENT	HINDEX
1	UNITED STATES	23,929	21,247	684,432	299,163	32.42	246
2	UNITED KINGDOM	6,814	6,006	173,943	37,531	29.96	146
3	ITALY	4,918	4,393	115,880	24,918	26.25	123
4	GERMANY	4,824	4,332	107,497	21,862	27.81	120
5	JAPAN	4,054	3,710	89,605	21,899	22.3	111
6	FRANCE	4,044	3,708	80,316	14,111	22.38	112
7	SPAIN	3,201	2,843	36,913	7,356	14.59	81
8	CANADA	3,130	2,890	76,927	12,798	30.73	113
9	SWEDEN	2,426	2,289	70,871	11,454	33.45	105
10	NETHERLANDS	2,356	2,145	54,464	9,315	29.87	97

Fuente: tomado de SCImago. (2007). SJR — SCImago Journal & Country Rank.

CUADRO 4.14
PRINCIPALES PAÍSES EN LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO REFERIDO A LA ENDOCRINOLOGÍA, DIABETES Y METABOLISMO
1996-2008

	COUNTRY	DOCUMENTS	CITABLE DOCUMENTS	CITATIONS	SELF-CITATIONS	CITATIONS PER DOCUMENT	H INDEX
1	UNITED STATES	23,929	21,247	684,432	299,163	32.42	246
2	UNITED KINGDOM	6,814	6,006	173,943	37,531	29.96	146
3	ITALY	4,918	4,393	115,880	24,918	26.25	123
4	GERMANY	4,824	4,332	107,497	21,862	27.81	120
5	JAPAN	4,054	3,710	89,605	21,899	22.3	111
6	FRANCE	4,044	3,708	80,316	14,111	22.38	112
7	SPAIN	3,201	2,843	36,913	7,356	14.59	81
8	CANADA	3,130	2,890	76,927	12,798	30.73	113
9	SWEDEN	2,426	2,289	70,871	11,454	33.45	105
10	NETHERLANDS	2,356	2,145	54,464	9,315	29.87	97

Fuente: tomado de *SCImago*. (2007). *SJR — SCImago Journal & Country Rank*.

c) CLÚSTER TECNOLÓGICO.

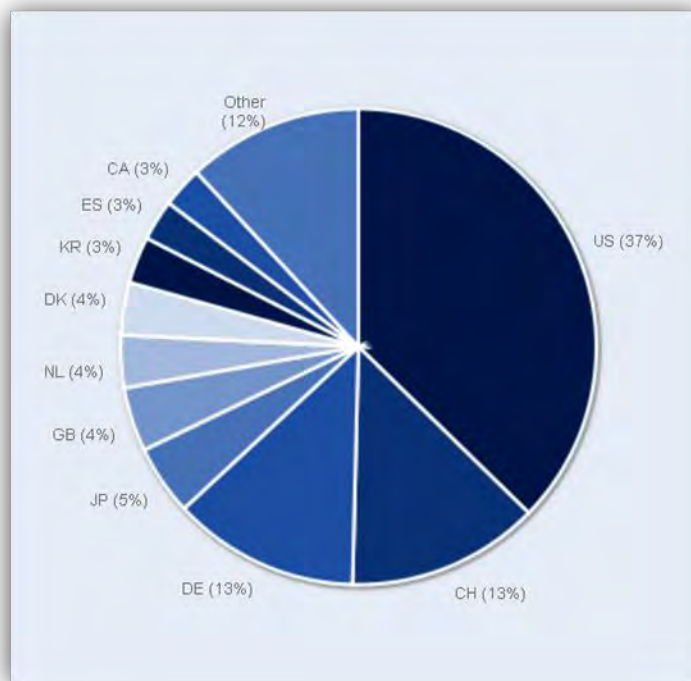
Este tipo clustering tiene la finalidad de ubicar a los actores más relevantes en cuanto a la producción tecnológica representada por las patentes solicitadas, así mismo se busca identificar las familias tecnológicas más populares y aquellas que se encuentran englobadas en los nuevos paradigmas tecnológicos, en nuestro caso la biotecnología.

► Resultados.

La búsqueda en PATENTSCOPE arrojó 252 patentes relacionadas a la DM2²⁴³ de las cuales solo 231 estuvieron directamente relacionadas con esta enfermedad. A partir del año 2000 el número de solicitudes se elevó considerablemente llegando a 21.27 solicitudes en promedio por año, esto representó 13 veces el promedio de solicitudes durante la década previa que fue de 1.63 solicitudes.

Según el origen de las solicitudes EUA encabeza la lista con 37%, le siguen Suiza y Alemania ambas con 13% (ver figura 4.11).

FIGURA 4.11
SOLICITUDES DE PATENTES POR AÑO DE PUBLICACIÓN



Fuente: tomado de OMPI; 2010.

Las instituciones que mayor número de solicitudes han presentado son: MERCK & CO., INC., 16; BOEHRINGER INGELHEIM INTERNATIONAL GMBH, 15; y NOVARTIS AG, 14 (ver cuadro 4.15). Es importante señalar que dentro de los primeros 50 lugares se identificaron compañías de distintos PED como India (RANBAXY LABORATORIES LIMITED) o China (SHANGHAI INSTITUTE OF MATERIA MEDICA, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) lo que deja claro que el DCT no es privativo de los PD.

²⁴³ Al 29 de septiembre de 2010.

CUADRO 4.15		
INSTITUCIONES CON MAYOR NÚMERO DE SOLICITUDES		
ORIGEN	INSTITUCION	SOLICITUDES
USA	MERCK & CO., INC.	16
GERMANY	BOEHRINGER INGELHEIM INTERNATIONAL GMBH	15
SWITZERLAND	NOVARTIS AG	14
SWITZERLAND	F. HOFFMANN-LA ROCHE AG	7
USA	AMYLIN PHARMACEUTICALS, INC.	6
USA	PFIZER PRODUCTS INC.	5
USA	THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA	4
USA	SCHERING CORPORATION	4
DENMARK	NOVO NORDISK A/S	4
SWITZERLAND	NESTEC S.A.	4

Fuente: elaboración propia con datos de OMPI; 2010.

De acuerdo a la CIP la actividad inventiva se orienta principalmente a las clases A61K, 184; A61P, 93; y C07D, 81 (ver cuadro 4.16).

CUADRO 4.16		
SOLICITUDES POR SUBCLASE DEL CIP		
CONCEPTO	CIP	SOLICITUDES
PREPARACIONES DE USO MEDICO, DENTAL O PARA EL ASEO.	A61K	184
ACTIVIDAD TERAPEUTICA ESPECÍFICA DE COMPUESTOS QUIMICOS O DE PREPARACIONES MEDICINALES.	A61P	93
COMPUESTOS HETEROCICLICOS.	C07D	81
PEPTIDOS.	C07K	22
PROCESOS DE MEDIDA, INVESTIGACION O ANALISIS EN LOS QUE INTERVIENEN ENZIMAS O MICROORGANISMOS.	C12Q	21
ALIMENTOS, PRODUCTOS ALIMENTICIOS O BEBIDAS NO ALCOHOLICAS QUE INCLUYEN MODIFICACION DE LAS CUALIDADES NUTRICIONALES.	A23L	16
MICROORGANISMOS O ENZIMAS; COMPOSICIONES QUE LOS CONTIENEN; CULTIVO O CONSERVACION DE MICROORGANISMOS; TECNICAS DE MUTACION O DE INGENIERIA GENETICA; MEDIOS DE CULTIVO.	C12N	14
COMPUESTOS ACICLICOS O CARBOCICLICOS.	C07C	14
INVESTIGACION O ANALISIS DE MATERIALES POR DETERMINACION DE SUS PROPIEDADES QUIMICAS O FISICAS.	G01N	12
AZUCARES; SUS DERIVADOS; NUCLEOSIDOS; NUCLEOTIDOS; ACIDOS NUCLEICOS.	C07H	6

Fuente: elaboración propia con datos de OMPI; 2010.

Los inventores más destacados de acuerdo al número de patentes solicitadas fueron: Mark M., con 10 patentes y Thomas L., con 8 (ver cuadro 4.17); en esta variable aparecen 4 mexicanos con una actividad inventiva importante (ver cuadro 4.18) ya que 3 de ellos aparecen en el ranking de los 50 principales inventores.

Destáquese que en este caso el solicitante no pertenece a ninguna de las farmacéuticas que operan en México exhibiendo un desinterés por parte de la IF nacional y extranjera en el DCT endógeno orientado al diagnóstico, prevención y tratamiento de la DM2.

CUADRO 4.17			
INVENTORES CON MAYOR NUMERO DE PATENTES			
ORIGEN	INSTITUCIÓN SOLICITANTE	INVENTOR	PATENTES
GERMANY	BOEHRINGER INGELHEIM INTERNATIONAL GMBH	MARK, MICHAEL; (DE).	10
GERMANY	BOEHRINGER INGELHEIM INTERNATIONAL GMBH	THOMAS, LEO; (DE).	8
GERMANY	BOEHRINGER INGELHEIM INTERNATIONAL GMBH	DUGI, KLAUS; (DE).	7
SWITZERLAND	NOVARTIS AG	COPPOLA, GARY MARK; (US).	7
SWITZERLAND	NOVARTIS AG	STAMS, TRAVIS, MATHEW; (US).	7
SWITZERLAND	NOVARTIS AG	TOPIOL, SIDNEY WOLF; (US).	7
USA	MERCK & CO., INC	PARMEE, EMMA, R.; (US).	6
USA	MERCK & CO., INC.	YANG, LIHU; (US).	6
GERMANY	BOEHRINGER INGELHEIM INTERNATIONAL GMBH	HIMMELSBACH, FRANK; (DE).	6
SWITZERLAND	NOVARTIS AG	BARNES, DAVID; (US).	6

Fuente: elaboración propia con datos de OMPI; 2010

CUADRO 4.18			
INVENTORES MEXICANOS			
ORIGEN	SOLICITANTE	INVENTOR	PATENTES
SWITZERLAND	WORLD-TRADE IMPORT-EXPORT, WTIE, AG	ALVAREZ OCHOA, VICTOR GUILLERMO; (MX).	3
SWITZERLAND	WORLD-TRADE IMPORT-EXPORT, WTIE, AG	GARCÍA ARMENTA, MARÍA ELENA; (MX).	3
SWITZERLAND	WORLD-TRADE IMPORT-EXPORT, WTIE, AG	GARCIA ARMENTA, PATRICIA; (MX).	1
SWITZERLAND	WORLD-TRADE IMPORT-EXPORT, WTIE, AG	SANTOS MURILLO, JOSEFINA; (MX).	3

Fuente: elaboración propia con datos de la OMPI; 2010.

Respecto a las patentes clasificadas dentro del ámbito biotecnológico según la metodología de la OCDE²⁴⁴ se identificaron 15 patentes en 5 clases distintas: A61K 38/00, C12N, G01N 33/53, G01N 33/68 y G01N 33/74 (ver cuadro 4.19).

CUADRO 4.19	
PATENTES BIOTECNOLÓGICAS ENFOCADAS A LA DM2	
CIP	CONCEPTO
A61K 38/00	PREPARACIONES MEDICINALES QUE CONTIENEN PÉPTIDOS
C12N	MICROORGANISMOS O ENZIMAS; COMPOSICIONES QUE LOS CONTIENEN
G01N 33/53	ENSAYOS INMUNOLÓGICOS
G01N 33/68	INVESTIGACIÓN O ANÁLISIS DE MATERIALES POR MÉTODOS ESPECÍFICOS EN LOS QUE INTERVIENEN PROTEÍNAS, PÉPTIDOS O AMINOÁCIDOS
G01N 33/74	INVESTIGACIÓN O ANÁLISIS DE MATERIALES POR MÉTODOS ESPECÍFICOS EN LOS QUE INTERVIENEN HORMONAS

Fuente: elaboración propia con datos de la OMPI; 2010

²⁴⁴ Estas comprenden las siguientes clasificaciones: A01H 1/00, A01H 4/00, A61K 39/00, A61K 48/00, A61K38/00, C02F 3/34, C07G 11/00, C07G 13/00, C07G 15/00, C07K 14/00, C07K 16/00, C07K 17/00, C07K 19/00, C07K 4/00, C12M, C12N, C12P, C12Q, C12S, G01N 27/327, G01N 33/68, G01N 33/74, G01N 33/76, G01N 33/78, G01N 33/88, G01N 33/92, G01N 33/53, G01N 33/54, G01N 33/55, G01N 33/57; las últimas cuatro clases comprenden todas las subclases.

Según el origen de la institución, la mayor parte de las patentes biotecnológicas referidas a la DM2 se originan en EUA seguidas por distintos países de la UE e Israel (ver cuadro 4.20).

CUADRO 4.20 INSTITUCIONES QUE HAN DESARROLLADO PATENTES BIOTECNOLÓGICAS		
ORIGEN	INSTITUCIÓN	PATENTE
USA	ALBERT EINSTEIN COLLEGE OF MEDICINE OF YESHIVA UNIVERSITY	A61K 38/00
USA	AMYLIN CORPORATION COOPER, GARTH, JAMES, SMITH GREENE, HOWARD, E.	A61K 38/00
USA	CEDARS-SINAI MEDICAL CENTER	A61K 38/00
USA	LAJOR BIOTECH, INC.	A61K 38/00
USA / ISRAEL	ORAMED PHARMACEUTICALS, INC	A61K 38/00
GERMANY	AVENTIS PHARMA DEUTSCHLAND GMBH	A61K 38/00
NETHERLANDS	N.V. NUTRICIA	A61K 38/00
SPAIN	UNIVERSIDAD DE BARCELONA	A61K 38/00
SWEDEN	ONCOREG AB	A61K 38/00
UNITED KINGDOM	UNIVERSITY OF ULSTER	A61K 38/00
USA	WHITEHEAD INSTITUTE FOR BIOMEDICAL RESEARCH	C12N
USA	BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE	G01N 33/53
USA	MAGNESIUM DIAGNOSTICS, INC.	G01N 33/68
BELGIUM	JANSSEN PHARMACEUTICA N.V.	G01N 33/74

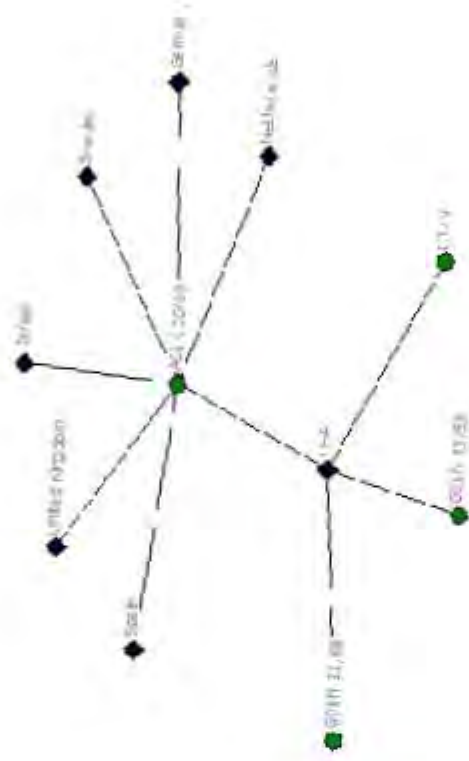
Fuente: elaboración propia con datos de la OMPI; 2010

Finalmente a partir del estudio de ARS aplicado a las patentes biotecnológicas se identificó a EUA como el actor principal (ver figura 4.12) de la red de producción biotecnológica enfocada a la DM2, este dato era predecible gracias a los estudios estadísticos revisados en el capítulo II que identifican a este país como el mayor productor de patentes basadas en biotecnología.

Lo importante en este caso es la incipiente biotecnología referida a la DM2, esto supone una amplitud de oportunidades para aquellos actores que tengan la destreza suficiente como para aprovechar los beneficios sociales y económicos que este paradigma tecnológico ofrecerá en el mediano y largo plazo. También ofrece la oportunidad de reducir la dependencia tecnológica que se tenga con el exterior al incrementar la producción endógena y original de tecnología, evitando con ello esperar el vencimiento de las patentes (característico de las empresas farmacéuticas basadas en procesos imitativos) o recurrir al Art. 31 del ADPIC para la compra y/o producción de genéricos biotecnológicos.

Cuadros.

FIGURA 4.15
RED DE PRODUCCIÓN BIOTECNOLÓGICA ENFOCADA A LA DM2



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

"La soberanía del hombre está oculta en la dimensión de sus conocimientos."

- Francis Bacon.

A. CONCLUSIONES.

La investigación aquí presentada ha evidenciado que el sector público y el privado que opera en México no han procurado tener en cuenta al desarrollo científico y tecnológico como estrategia del desarrollo económico; la competitividad aún se basa mayormente en la explotación de mano de obra barata y poco calificada, sobreexplotación de recursos naturales y falta de competencia.

En ese tenor, podemos decir que la dependencia tecnológica se debe, entre otros, a:

- La exigua inversión en investigación y desarrollo científico y tecnológico por parte del Estado y la industria nacional.
- El descenso en las actividades de investigación y la falta de promoción de ideas vanguardistas por parte de los círculos científicos, ello ha repercutido negativamente en el impacto científico de los trabajos de investigación en el contexto internacional.
- Desvinculación entre los centros de investigación y desarrollo científico-tecnológico tecnológicos con la industria.
- Ausencia de una cultura científica que también dirija sus investigaciones hacia el desarrollo productos con beneficio económico y social.
- Una cultura empresarial que no ha percibido las ventajas competitivas y diversificación de mercados que ofrece el desarrollo científico y tecnológico endógeno.
- Falta de regulación en los procesos y mecanismos de adquisición e incorporación tecnológica heredado del sistema de sustitución de importaciones, que ha repercutido en las importaciones tecnológicas favorablemente.
- Carencia de programas destinados a la difusión de los avances científicos y tecnológicos nacionales.²⁴⁵

En lo que respecta al sector salud las deficiencias más importantes que se identificaron fueron:

- Desinversión pública e incremento de la participación privada en los servicios de salud.
- Falta de coordinación y centralización, que han afectado la identificación de las necesidades sanitarias que se tienen y ha conducido a una ineficiente administración de los recursos financieros, humanos y de infraestructura.
- Ausencia de sinergias científicas colaborativas neurálgicas en el diseño de políticas, programas y proyectos encausados a la solución de los problemas de salud que aquejan a la población.
- Déficit de recursos humanos necesarios para cubrir los objetivos del Programa Nacional de Salud. En ese sentido, la política sanitaria ha comenzado a dejar de lado el interés social favoreciendo el interés privado al no incentivar la generación de profesionistas de la salud mediante la oferta laboral en instituciones públicas.
- Servicios de salud privados que no invierten en equipo de alta tecnología.

²⁴⁵ En la actualidad se destina mayor tiempo televisivo estatal a la propaganda electoral y la promoción gubernamental que a los desarrollos científicos y tecnológicos nacionales.

- Una industria farmacéutica que basa su competitividad en las prácticas anticompetitivas y tramas de corrupción gubernamentales.
- Gran dependencia tecnológica con el exterior y un aprendizaje tecnológico marginal e imitativo, basado en paradigmas tecnológicos ya estandarizados y tendientes a ser desplazados en el mediano y largo plazo por los nuevos paradigmas como la biotecnología moderna.

Derivado del análisis de clúster elaborado para la DM2 se concluye que:

- EUA y la UE continúan siendo líderes en investigación científica y desarrollo tecnológico encausados a la búsqueda de las causas, prevención, diagnóstico, terapéutica y/o cura de la diabetes mellitus tipo II; sin embargo, debe resaltarse la relevancia científica que vienen adquiriendo India y China.
- La mayor parte de las patentes aún se encuentran dentro de la base tecnológica de síntesis química; sin embargo, las tendencias tecnológicas apuntan a una terapéutica basada en la terapia génica, ingeniería de tejidos, inmunología y proteómica.
- En cuanto al papel de México, queda de manifiesto que la investigación científica nacional no está atendiendo en la cuantía y con la vanguardia científica necesaria al problema de la diabetes mellitus tipo II.
- La industria farmacéutica mexicana (nacional y extranjera) no han considerado el perfil epidemiológico en el escaso desarrollo científico tecnológico endógeno, por lo que las enfermedades de mayor prevalencia seguirán siendo tratadas con tecnologías procedentes del exterior.

B. RECOMENDACIONES.

Las recomendaciones generales para la solución de los problemas identificados en líneas anteriores que las políticas macro (incluidas la política científico-tecnológica y la política sanitaria) y microeconómicas deberán corregir y desarrollar son:

- **Competitividad basada en la calidad de la mano de obra y desarrollo científico y tecnológico, para ello es preciso:**
 1. Desarrollar una reforma educativa y laboral que busque incrementar los grados de especialización y calidad de la mano de obra, para ello es imperativo abatir la corrupción institucional y la promoción de ideas vanguardistas por parte de las distintas academias científicas evitando en lo posible las simples adecuaciones de ideas procedentes del exterior.
 2. Desarrollar sinergias colaborativas y vinculantes entre la sociedad, la industria y el gobierno que comporten redes de valor endógenas y una distribución más equitativa de beneficios que propicie una competitividad colectiva.
 3. El desarrollo científico y tecnológico debe reconocerse como un elemento esencial en la construcción de una economía soberana, que su evolución y éxito dependen en gran medida de la creatividad y originalidad de las soluciones que se propongan para satisfacer necesidades de la sociedad. En ese sentido, el Estado debe encargarse, a través de la política científico-tecnológica, de promover la creación de industrias basadas en la generación de conocimiento cuyos proyectos busquen solucionar las necesidades de la

población, pero que a la vez tengan reconocimiento internacional producto de sus capacidades innovadoras.

4. El desarrollo científico y tecnológico que se desee generar deberá considerar los paradigmas tecnológicos actuales, además de incrementar la investigación y desarrollo científico-tecnológico en los paradigmas futuros con la finalidad de evitar la exclusión tecnológica y fomentar su dependencia. En ese sentido y considerando la amplia diversidad biológica de México, el desarrollo de biotecnología moderna deberá tener carácter estructural dentro de la política científico-tecnológica mexicana identificando las oportunidades tecnológicas locales e internacionales.
5. Fomentar la inversión extranjera directa por encima de la inversión de cartera, pero obligando a la inversión extranjera directa a generar desarrollo científico y tecnológico local (como el caso de Singapur) y excluyendo a aquella dedicada a sobreexplotar los recursos naturales y la mano de obra poco calificada.

► **Creación de una política sanitaria que fomente la salud en los individuos, por lo que debe incrementarse la inversión estatal, fomentar la competitividad en el sector y reducir progresivamente la dependencia tecnológica enfocándose al desarrollo científico y tecnológico basado en los nuevos paradigmas tecnológicos. Para cumplir con tales objetivos es necesario que la política sanitaria tome en cuenta:**

1. Incrementar los recursos (humanos, materiales y financieros) destinados a la salud.
2. El Estado deberá instrumentar políticas de mediano y largo plazo encaminadas a desarrollar una infraestructura farmacéutica estatal que busque dar solución a las necesidades de salud identificadas en el perfil epidemiológico, priorizando la investigación y desarrollo científico-tecnológico de terapéuticas basadas en los nuevos paradigmas tecnológicos, para ello será necesario incrementar las sinergias con los actores (científicos e inventores) internacionales más destacados con la finalidad de generar un aprendizaje tecnológico que comporte beneficios sociales.
3. El Estado deberá regular el comportamiento de los precios del sector farmacéutico debido al interés social que este tiene impreso y cuya finalidad sea la de mejorar el bienestar social tomando en consideración el *trade-off* orientado a moderar el nivel de precios (mayor excedente del consumidor, menor excedente del productor) compensando esa pérdida de beneficios económicos subvencionando un mayor porcentaje del desarrollo científico y tecnológico²⁴⁶ involucrados en las innovaciones del sector.
4. Debe tenerse en cuenta que la corrupción en compra y distribución, la ineffectividad generalizada del sector público y la falta en la aplicación de la ley de competencia tenderán a anular rápidamente cualquier ventaja que los medicamentos genéricos puedan otorgar. Por ello deberán desarticularse las redes de corrupción y fomentarse la competencia, además de retornar a los esquemas de compra única que otorguen al Estado mayor poder de negociación de precios.
5. Es imperativo tener presente los aspectos epidemiológicos y el potencial que ofrece la biotecnología moderna si se desea reducir progresivamente la

²⁴⁶ Esto supone evitar caer en el engaño de la investigación galénica, es decir, exigir a través de resultados que sean comparables en el ámbito internacional que las empresas del sector están generando conocimiento original y vanguardista.

dependencia tecnológica, para ello debe fomentarse la creación de una industria farmacéutica nacional que considere al paradigma biotecnológico como estratégico en la construcción de ventajas competitivas.

➤ **Reducción en la incidencia de la diabetes mellitus tipo II y disminución en la dependencia tecnológica con el exterior para el tratamiento de esta enfermedad, para lo cual se hace necesario:**

1. Fomentar un cambio en los patrones alimentarios que busque reducir las tasas de obesidad, para ello serán necesarias medidas correctivas en la cultura alimentaria de la población y el control en distribución y precios de aquellos alimentos estratégicos en el cambio de dichos patrones.
2. Debido a que el mecanismo de los precios no siempre es la mejor solución²⁴⁷, la política sanitaria deberá regular todos aquellos productos involucrados directa o indirectamente en los incrementos de los índices de obesidad, hipertensión arterial y diabetes mellitus; para ello deberán hacerse los estudios correspondientes cuyos resultados sean comparables con estudios similares en el ámbito internacional y obligar a los productores a desarrollar nuevas preparaciones que reduzcan significativamente el empleo de sustancias involucradas en estos padecimientos o bien retirar esos productos del mercado.
3. Es necesario fomentar la cultura física entre la población reduciendo su sedentarismo, por lo que deben crearse espacios seguros y propios para la actividad física colectiva; y promover el uso del transporte biomecánico a través de la legislación y creación de vías que le den preferencia por encima del transporte automotor.
4. Incrementar el desarrollo científico y tecnológico referente a la diabetes mellitus tipo II, para ello la política sanitaria deberá incrementar los recursos (humanos, financieros y materiales) y a la vez exigir resultados que demuestren su relevancia científica en el ámbito internacional.
5. Buscar establecer sinergias institucionales con aquellos actores que han mostrado gran dinamismo en el desarrollo científico y tecnológico referido a la diabetes mellitus tipo II (ver capítulo IV).
6. Considerar a la terapia génica, ingeniería de tejidos, inmunología y la proteómica como las trayectorias tecnológicas a desarrollar, por lo que deberá intensificarse su investigación y desarrollo científico-tecnológico.

²⁴⁷ Es el caso de los incrementos al precio de los cigarrillos, que lejos de reducir su consumo, han afectado la renta de los consumidores

GLOSARIO.

Aditivos alimentarios: son sustancias que se utilizan para aumentar el valor nutritivo, retardar el daño, cambiar la consistencia y/o mejorar el sabor.

Algoritmo: conjunto bien definido, ordenado y finito de operaciones que permite hallar la solución a un problema específico.

Aminoácido: son compuestos orgánicos que se combinan para formar proteínas. Cuando las proteínas son digeridas, los aminoácidos se acaban. El cuerpo humano requiere de muchos aminoácidos para crecer y para descomponer los alimentos.

Anticuerpo: proteínas del suero sanguíneo que integran el sistema natural de defensa del cuerpo.

Anticuerpos monoclonales: son hibridomas una herramienta de gran utilidad en el campo de la medicina, la bioquímica y la biología molecular por su capacidad de reconocer moléculas con diferente estructura química (reconocimiento de sustancias o antígenos específicos) e inmunizar contra agentes nocivos. Son empleados habitualmente tanto en el diagnóstico como en el tratamiento de enfermedades.

Aprendizaje: proceso sutil, especialmente cuando guarda relación con productos que poseen un alto nivel de complejidad sistémica.

Aprendizaje tecnológico: proceso de acumulación y fortalecimiento de las capacidades tecnológicas.

Arreglo institucional: formas de organización de las interacciones entre agentes; las reglas fundamentales del comportamiento agentes-competidores, agentes-consumidores, agentes-proveedores, agentes-gobierno, etc. y las formas y grados de ejercicio directo de poder discrecional por actores ajenos al mercado.

Atención médica: conjunto de acciones estructuradas de varios profesionales dirigidas a preservar, mejorar o restaurar la salud de un individuo o grupo de individuos.

Automatización flexible: es un modelo de producción que se basa en el control efectivo del flujo de materiales a través de una red de estaciones de trabajo versátiles y es compatible con diferentes grados de automatización. Está integrada por herramientas enlazadas mediante un sistema de manejo de materiales automatizado operado con tecnología convencional o al menos por un control numérico por computador (CNC).

Bibliometría: técnica de la investigación bibliológica, que tiene por fin, por un lado analizar el tamaño, crecimiento y distribución de la Bibliografía de un campo determinado y, por otro, estudiar la estructura social de los grupos que la producen y la utilizan

Biocatalizador: es un catalizador biológico que fomenta una reacción bioquímica sin alterar su estructura.

Biorreactor: contenedor del medio de cultivo del microorganismo y otros elementos agregados con distintos propósitos.

Biotecnología: aplicación de un conjunto de conocimientos científicos a los organismos y sus componentes, ya sea utilizándolos sin modificación alguna, modificándolos o aislando alguno de sus elementos, con el objetivo de utilizarlos para el desarrollo de productos o como solución a problemas que los individuos enfrentan en el medio ambiente en el cual se desarrollan.

Biowarfare: uso de agentes patógenos como virus, bacterias y otras enfermedades como armas biológicas.

Cambio técnico: conjunto de temas que comprenden la invención, innovación, transferencia y difusión técnica/tecnológica, así como de sus efectos e impactos. Es la interacción entre el conocimiento científico, el tecnológico y el experimental.

Capacidad tecnológica nacional: capacidad global de un país para desarrollar y/o incorporarse rápidamente a un nuevo paradigma tecnológico dentro del sistema económico.

Capacidad tecnológica: aptitud de hacer un uso eficaz del conocimiento en la producción, ingeniería e innovación, con el fin de mantener la competitividad, tanto en precio como en calidad.

Capital de riesgo (venture capital): actividad financiera consistente en la toma de participaciones temporales y minoritarias en PYME en proceso de arranque o crecimiento, aportando un valor añadido en forma de apoyo gerencial, con objeto de obtener algún beneficio del éxito de las mismas.

Capital intelectual: conjunto de activos intangibles que son estratégicos para el negocio y que, gestionados de forma eficiente, aportan valor.

Centros de investigación cooperativa: instituciones que hacen fluir recursos financieros hacia la academia estableciendo colaboraciones de mediano y largo plazo. Su política de investigación es fijada por autoridades locales, federales o por la propia firma interesada, pueden incluir recursos humanos ajenos a la institución (universidad o laboratorio) que los alberga.

Centros de tecnología: transfieren la tecnología desarrollada en los centros de investigación a las firmas interesadas con el objeto de satisfacer sus motivaciones y expectativas.

Ciencia: es un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados que son verificables y de los que se deducen principios y leyes generales.

Clonación molecular: consiste en la inserción de un fragmento de DNA en una célula nueva de forma que pueda mantenerse, replicando

Clúster: concentraciones geográficas de grupos de empresas e instituciones enlazadas que constituyen un sistema de valor basados en la innovación y conocimiento especializado.

Competitividad: la competitividad de las empresas está asociada con la capacidad de supervivencia de las mismas en el mercado.

Conocimiento científico: actividad científica a todo proceso organizado, acumulativo y autocorrectivo de generación de conocimiento, considerado como un vector de crecimiento de las economías desarrolladas.

Desarrollo experimental: es la instrumentación del conocimiento con el objetivo de producir materias dispositivos, productos procesos, sistemas o servicios nuevos o mejorados, el elemento clave del desarrollo experimental es el conocimiento previo obtenido de la investigación y/o experiencia práctica por lo que el desarrollo experimental es una consecuencia del conocimiento.

Difusión: es un fenómeno asociado al incremento del número de usuarios efectivos de alguna innovación.

Empresa Transnacional o multinacional (ET): cualquier firma productiva que controla establecimientos productivos en más de un país. Este es un agente clave en el desarrollo de proceso de globalización.

Farmacogenómica: es la utilización de la información genética para desarrollar medicamentos, también se utiliza para describir el estudio de la respuesta que tienen las drogas sobre las variaciones genómicas.

Fermentación: conjunto de operaciones que permiten cultivar microorganismos y controlar sus actividades biosintéticas (producción de biomasa, enzimas, metabolitos u otras orgánicas).

Fórmulas magistrales: Estos se preparan en la farmacia de manera individualizada para cada paciente de acuerdo con la composición que ha indicado el médico en la receta.

Gen: Unidad funcional y física de la herencia que pasa de padres a hijos. Los genes son segmentos de ADN; la mayoría de los genes contienen información para elaborar una proteína específica.

Gestión del Conocimiento: implica crear valor a partir del capital intelectual (recursos humanos e instrumentación del conocimiento), por lo que los flujos de información son claves para el logro de ventajas competitivas sostenibles. Dichos flujos deben ser adecuados, es decir, que el conocimiento pueda ser codificado e integrado en el conocimiento organizativo.

Grupos Económicos: son un conglomerado de firmas que operan en distintos mercados bajo un mismo control empresarial y financiero.

Hibridomna: Célula híbrida compuesta de un linfocito B fusionada con una célula de un tumor que crece indefinidamente en un cultivo de tejido y que es seleccionada para la secreción de un anticuerpo específico de interés.

Incidencia de la enfermedad: tasa de casos nuevos de la enfermedad por cada 100,000 habitantes.

Incubadora: entidad que suministra mecanismos a empresas (start-up's) para que incrementen su competitividad y deriven en spin-off's en un plazo de entre 3 y 5 años.

Inducción embrionaria: reprogramación de células madre embrionarias que al ser trasplantadas a otro embrión son capaces de generar embriones gemelos a partir de un solo ovulo.

Industrias sustentables: industrias enmarcadas en la conceptualización general del desarrollo sustentable definido como aquel que satisface las necesidades de la población actual sin poner en riesgo el desarrollo de las generaciones futuras, es decir, garantiza la integridad del medio ambiente y sus servicios (agua, aire, tierras productivas, fuentes de energía, entornos habitables, paisajes y digestión de desechos y emisiones).

Ingeniería de tejidos: combina los avances en biología celular y la ciencia de materiales buscando crear tejidos semisintéticos y órganos en el laboratorio.

Ingeniería genética o DNAr: El término DNA recombinante hace referencia a la creación de nuevas combinaciones de segmentos o de moléculas de DNA que no se encuentran juntas de manera natural, este término se reserva a las moléculas de DNA producidas por la unión de segmentos que provienen de diferentes fuentes biológicas. Consiste en el manejo y transferencia de la información contenida en el DNA de los distintos organismos posibilitando la corrección errores de origen genético así como la creación de nuevos organismos que incluyan mejoras sustanciales.

Ingeniería inversa: A partir de una desarticulación del producto o sistema se pretende entenderlo globalmente para después articularlo y proceder a una reconfiguración y/o introducción de alguna mejora y/o característica adicional con el fin de evitar problemas de carácter legal (patente o derecho de autor).

Innovación: es un acto o proceso consistente en introducir por primera vez ya sea una mejora tecnológica, insumos, organización y/o proceso de la producción, ubicando una demanda insatisfecha o potencial en el mercado. Téngase en cuenta que las innovaciones solo pueden realizarse como tales si y solo si se encuentran relacionadas con el mercado, esto es, tienen siempre un fin económico inscrito cualidad que la diferencia de la invención.

Innovación radical: aquella que requiere un nuevo proceso de producción y que a su vez revoluciona el esquema tradicional introduciendo un nuevo paradigma tecnológico, se caracterizan por su incertidumbre técnica y de mercado; en tanto que las innovaciones incrementales son producto de una nueva configuración de los medios existentes dentro del proceso productivo existente.

Interferón: Proteína con actividad antivírica producidos por células animales en respuesta a la infección por virus. Los interferones se sintetizan como una respuesta más rápida a la infección vírica que la formación de anticuerpos. Se utilizan de forma masiva como agentes terapéuticos contra enfermedades víricas y algunas formas de cáncer.

Invención: es la primera producción de algún conocimiento, es la "materialización" de un conocimiento previo encausado hacia algún fin económico o no.

Investigación: es un proceso sistemático intelectual y experimental cuyo propósito es incrementar los conocimientos sobre una materia determinada.

Investigación aplicada: es una investigación original también, porque busca conocimientos científicos o técnicos novedosos teniendo, a diferencia de la investigación básica, siempre un fin o meta específica orientada a fines prácticos.

Investigación básica: es aquella investigación en la cual se pretende obtener conocimiento nuevo y comprensión científica, y no tiene ninguna meta o aplicación específica. De esta se distinguen dos tipos de investigación:

Investigación Clínica: momento en que estas investigaciones son probadas en seres humanos; en un primer nivel, la investigación clínica se realiza en unidades de farmacología Clínica, y posteriormente en hospitales y otros centros.

Investigación fundamental orientada: en este caso el tema o área de la investigación ha sido determinado por la organización o institución que emplea al investigador teniendo un interés científico, económico o social, presente o potencial.

Investigación fundamental pura: se caracteriza por ser una investigación dirigida y organizada por el interés científico del o los investigadores involucrados sin una finalidad de lucro original, es realizada principalmente en universidades, instituciones públicas o laboratorios financiados por asociaciones sin fines de lucro.

Joint Venture: es una alianza estratégica entre 2 o más inversores cuyo objetivo es lograr un beneficio común compartiendo el riesgo asociado a la inversión.

Know-How: conjunto de conocimientos prácticos no formalizables adquiridos mediante rutinas que se traduce en técnicas indispensables para utilizar una tecnología dada, asegurando su mantenimiento y proceder a su producción.

Lixiviación: Consiste en tratar un mineral, con un disolvente adecuado para separar sus partes solubles de las insolubles.

Marcador molecular: Molécula biológica que se encuentra en la sangre, otros líquidos o tejidos corporales, es un signo de un proceso normal o anormal, o de una afección o enfermedad. Un marcador molecular puede usarse para determinar la respuesta del cuerpo a un tratamiento para una enfermedad o afección. También se llama marcador biológico y molécula distintiva.

Medicamento hemoderivado: Son medicamentos preparados industrialmente a base de componentes de la sangre.

Medicamento inmunológico: Son todos aquellos medicamentos relacionados con las vacunas, toxinas y alérgenos.

Medicamentos biotecnológicos: Son los obtenidos por técnicas de ingeniería genética.

Medicamentos de origen humano: Son los derivados de la sangre, glándulas o tejidos humanos. Por ejemplo las inmunoglobulinas, los factores de la coagulación, etc.

Medicamentos de plantas medicinales: Las plantas y sus mezclas o preparaciones (extractos, etc.) contienen principios activos con utilidad terapéutica tanto o más importante que los medicamentos sintetizados dentro de un laboratorio. El hecho de ser elaborados a partir de plantas no los da garantía de inocuidad, por esto también están sometidos a la misma reglamentación que el resto de medicamentos.

Medicamentos de síntesis o semisíntesis: Son los más habituales y los que se han elaborado en un laboratorio farmacéutico.

Medicamentos esenciales: son aquellos que satisfacen las necesidades de atención a la salud de la mayoría de la población, los cuales deben estar disponibles en la cuantía necesaria y precios acorde al poder adquisitivo de la población.

Medicamentos homeopáticos: Son los medicamentos utilizados en medicina homeopática.

Medicina alopática: sistema por el cual los médicos y otros profesionales de atención de la salud (por ejemplo, enfermeros, farmacéuticos y terapeutas) tratan los síntomas y las enfermedades por medio de medicamentos, radiación o cirugía. También se llama biomedicina, medicina convencional, medicina corriente, medicina occidental, y medicina ortodoxa.

Nuevos materiales: son un conjunto de tecnologías basadas en la ingeniería de materiales, cuyo propósito es conseguir un producto con alguna propiedad útil, sea mecánica, eléctrica, óptica, térmica o magnética, superior a los tradicionalmente elaborados o encontrados en su estado natural.

Organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos: son aquellos organismos en los cuales se han introducido uno o más genes (evento de transformación) con el fin de conferirle una o más características que la variedad en cuestión no tenía.

Paradigmas tecnológicos: son patrones o algoritmos encaminados a la solución de problemas específicos definiendo nuevas oportunidades tecnológicas, basados en principios bien diferenciados, derivados del conocimiento y experiencia previas.

Parques científicos o tecnológicos: es un clúster (principalmente científico-empresarial) que requiere el uso intensivo de alta tecnología e insumos de investigación especializada. Ejemplo de ello es el programa regional de desarrollo informático que Stanford University promovió en el Edo. de California que actualmente se conoce como Silicon Valley.

Política de Ciencia y Tecnología (PCT): es definida como un conjunto de instrumentos, mecanismos, normas, lineamientos y decisiones públicas, que persiguen el desarrollo científico y tecnológico en el mediano y largo plazo (normalmente dentro del marco de objetivos globales de desarrollo económico social). Los instrumentos y mecanismos pueden ser: institucionales, legales, financieros, fiscales, presupuestarios, de productividad, comerciales, regionales y de integración.

Progreso Técnico: proceso secuencial de resolución de problemas en el marco del paradigma tecnológico, siguiendo una trayectoria tecnológica definida.

Proteína: Molécula compuesta de aminoácidos que el cuerpo necesita para funcionar en forma adecuada. Las proteínas son la base de la estructuras del cuerpo tales como la piel y el cabello, y de sustancias como las enzimas, las citocinas y los anticuerpos.

Radiofármacos: Son los medicamentos formados por isótopos radiactivos, y se utilizan con finalidad terapéutica y diagnóstica.

Red global de producción: organizaciones innovadoras que fomentan la concentración y dispersión de cadenas de valor mediante subsidiarias en mercados internacionales.

Régimen tecnológico: combinación específica de bases de conocimientos, fuentes de oportunidades y posibilidades de apropiación

Región organizadora: grupo de células que determinan la formación del eje del embrión donde se encuentra el sistema nervioso.

Revolución tecnológica: es la capacidad de las nuevas tecnologías e industrias para modernizar todas las industrias antiguas y elevar su productividad de modo significativo.

Rutina: estructuras previsibles y regulares de comportamiento que conducen a esquemas repetitivos de actividad constituyendo la memoria organizacional que orienta la toma de decisiones.

Sistema: es un conjunto de elementos o subsistemas sometidos a una serie de relaciones e interacciones que ofrecen un acumulado de prestaciones a los usuarios.

Sobrefacturación: estrategia de precios que siguen las ET basadas en la maximización de ganancias a través de la fijación de precios de las materias primas. Este indicador se determina a partir de los precios que ofrecen las agencias internacionales de asistencia (OMS, UNIPAC, IDA) y los pagados por el sector público.

Spin-Off: firmas especializadas en alta tecnología que representan la evolución de una start-up. Su capital puede provenir de la academia, iniciativa privada, gobiernos o una combinación de estos.

Start-Up: Es una organización que tiene su origen en la academia y que tiene como objetivos la transferencia y comercialización de conocimientos.

Técnica: es un conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia o un arte en la búsqueda de facilitar una tarea o hacer operacionales o práctico determinado conocimiento.

Tecnología para la salud: integra por las técnicas, procedimientos, productos y dispositivos utilizados por los profesionales de la salud, ejemplo de ella son los medicamentos, equipos, instrumentos quirúrgicos o microarrays (ver capítulo II).

Tecnología: conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, es decir, es conocimiento tácito, específico y acumulativo siempre orientado a aumentar la eficiencia del proceso productivo ya sea en materia, proceso, producto o servicio. Es el resultado de relacionar la técnica con la ciencia y aquellas con la estructura económica y sociocultural.

Terapia génica: Es el proceso por el cual se inserta material genético en una célula por medio de vectores, con el fin de hacer que esta produzca una proteína normal.

Transferencia: es la transmisión y asimilación de conocimientos y elementos tangibles que conducen a las innovaciones.

Trayectorias tecnológicas: son representaciones del progreso tecnológico a lo largo de las transacciones comerciales, económicas y tecnológicas, previamente definidas por los paradigmas.

Xenotransplatación: uso de animales como los donantes de células terapéuticas y órganos útiles para los seres humanos.

FUENTES DE INFORMACIÓN.

BIBLIOGRAFÍA.

ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA. GUÍA DE PRÁCTICA CLÍNICA NACIONAL SOBRE PREVENCIÓN, DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LA DIABETES MELLITUS TIPO 2. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EPIDEMIOLÓGICAS. ARGENTINA. 2008. WWW.FAD.ORG.AR/FAD/IMAGES/FAD/ARCHIVOS/GUIA_PRACTICA_TIPO_II.PDF.

ÁLVAREZ DE LA CUADRA, JAIME. BIOTECNOLOGIA HOY. CONACYT. MEXICO. 1992. 172 P.

AMIIF. LA FALSIFICACIÓN Y EL ROBO DE MEDICAMENTOS. AMIIF. MÉXICO. 2009. WWW.AMIIF.ORG/CMS/IMAGES/STORIES/PUB_AMIIF/P_FALSIFICAMED.PDF.

ARREDONDO, ARMANDO. IMPACTO ECONÓMICO DE LA DIABETES EN MÉXICO: IMPLICACIONES PARA EL SISTEMA DE SALUD, LOS PACIENTES Y LA SOCIEDAD. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. MEXICO. 2009. WWW.SMSP.ORG.MX/DOCUMENTOS/IMPACTO%20ECONOMICO_5JUN.PDF.

BARCELO, ALBERTO; AEDO, CRISTIAN; RAJPATHAK, SWAPNIL; ROBLES, SYLVIA. THE COST OF DIABETES IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. BULLETIN OF THE WORLD HEALTH ORGANIZATION. EUA. 2003. WWW.SCIELOSP.ORG/PDF/BWHO/V81N1/V81N1A06.PDF.

BARCELO, MARIA. HACIA UNA ECONOMIA DEL CONOCIMIENTO. ESIC. MADRID. 2001. 210 P.

BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE. BIO STATE BIOSCIENCE INITIATIVES 2010. BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE. EUA. 2010. [HTTP://WWW.BIO.ORG/BATTELLE2010/](http://WWW.BIO.ORG/BATTELLE2010/)

BECHER, UWE; REGÚNAGA, MARCELO. INVENTARIO Y DIAGNÓSTICO DE LOS INSTRUMENTOS DISPONIBLES PARA EL FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS BIOTECNOLÓGICOS EN LA UNIÓN EUROPEA Y SU COMPARACIÓN CON LOS EXISTENTES EN LOS PAÍSES DEL MERCOSUR. BIOTECH. ARGENTINA. 2008. DOCS.BIOTECSUR.ORG/.../INVENTARIO/8_FINANCIAMIENTO_UE.PDF.

BERGEL, SALVADOR; DIAZ, ALBERTO. BIOTECNOLOGIA Y SOCIEDAD. CIUDAD ARGENTINA. ARGENTINA. 2001. 560 P.

BOULET, P.; COHEN, R. PACIENTES FRENTE A GANANCIAS: LA CRISIS DEL ACCESO A LOS MEDICAMENTOS. VOL. 52. NO.12 COMERCIO EXTERIOR. MEXICO. 2002. REVISTAS.BANCOMEXT.GOB.MX/RCE/SP/INDEX.JSP?IDREVISTA=7

BUEREN, JUAN; MOTELLÓN, JOSÉ. BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA SALUD HUMANA. CIEMAT. ESPAÑA. 2008. [HTTP://WWW.PLATAFORMASINC.ES/INDEX.PHP/ESL/NOTICIAS/EL-CIEMAT-ACOGELA-VIII-EDICION-DEL-CURSO-DE-BIOTECNOLOGIA-APLICADA-A-LA-SALUD-HUMANA](http://www.plataformasinc.es/index.php/esl/noticias/el-ciemat-acogeta-viii-edicion-del-curso-de-biotecnologia-aplicada-a-la-salud-humana)

BUISÁN, MARIO. EL MERCADO DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN ALEMANIA. N° 2737. BOLETIN ECONOMICO DE ICE. ESPAÑA. 2002. [WWW.REVISTASICE.COM/.../BICE_2737_4955__4F257744721D0757F45917B146C8004F.PDF](http://www.revistasice.com/.../BICE_2737_4955__4F257744721D0757F45917B146C8004F.PDF).

CAPORALE, J.; CALVO, H.; GAGLIARDINO, J. COSTOS DE ATENCIÓN MÉDICA DE PERSONAS CON DIABETES ANTERIORES Y POSTERIORES A SU HOSPITALIZACIÓN EN ARGENTINA. REVISTA PANAMERICANA DE SALUD PUBLICA. 2006. [WWW.SCIELOSP.ORG/PDF/RPSP/V20N6/A01V20N6.PDF](http://www.scielosp.org/pdf/rpvp/v20n6/a01v20n6.pdf).

CARPINTERO, OSCAR. ECONOMIA Y CIENCIAS DE LA NATURALEZA: ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL LEGADO DE NICHOLAS GEORGESCU-ROEGEN. N° 779. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. ESPAÑA. 1999. [WWW.REVISTASICE.COM/.../ICE_779_127142__0ACA9987BFD9F4AC3ED35E822D88112E.PDF](http://www.revistasice.com/.../ICE_779_127142__0ACA9987BFD9F4AC3ED35E822D88112E.PDF).

CENTRO DE INFORMACIÓN PARA DECISIONES EN SALUD. PRÁCTICA MÉDICA EFECTIVA DIABETES MELLITUS. INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. MEXICO. 2002. [BVS.INSP.MX/ARTICULOS/1/13/V1N4.PDF](http://bvs.insp.mx/articulos/1/13/v1n4.pdf).

CHUDNOVSKY; KOSACOFF; LOPEZ. LAS MULTINACIONALES LATINOAMERICANAS: SUS ESTRATEGIAS EN UN MUNDO GLOBALIZADO. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA DE ARGENTINA. ARGENTINA. 1999. 387 P.

CLIVE, JAMES. GLOBAL STATUS OF COMMERCIALIZED BIOTECH/GM CROPS: 2009. ISAAA. EUA. 2010. [HTTP://WWW.ISAAA.ORG/RESOURCES/PUBLICATIONS/BRIEFS/41/EXECUTIVESUMMARY/DEFAULT.ASP](http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/executivesummary/default.asp).

COMISIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN SOCIAL EN SALUD. CATALOGO UNIVERSAL DE SERVICIOS DE SALUD. SECRETARIA DE SALUD. MEXICO. 2008. [WWW.SEGUROPOPULARQUERETARO.GOB.MX/HTML/CAUSES.PDF](http://www.seguropopularqueretaro.gob.mx/html/causes.pdf).

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. LIFE SCIENCES AND BIOTECHNOLOGY - A STRATEGY FOR EUROPE. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. BÉLGICA. 2002. [EC.EUROPA.EU/BIOTECHNOLOGY/PDF/COM2002-27_EN.PDF](http://ec.europa.eu/biotechnology/pdf/com2002-27_en.pdf).

COTO, CELIA. CURSO DE INTRODUCCIÓN AL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO EXPERIMENTAL. QUÍMICAVIVA. ARGENTINA. 2007. [HTTP://WWW.QUIMICAVIVA.QB.FCEN.UBA.AR/CONTRATAPA/APRENDIENDO/CAPITULO12.HTM](http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/contratapa/aprendiendo/capitulo12.htm).

DIEGO, ROBERTO; CONCHEIRO, LUCIANO; COUTURIER, PATRICIA. POLITICAS PÚBLICAS PARA EL DESARROLLO RURAL. CASA JUAN PABLOS. MEXICO. 2003. 384 P.

DÍEZ, JOSÉ. THE PRESENCE OF THE BIOETHICS IN THE PROJECT OF EUROPEAN CONSTITUTION. UNIVERSIDAD DE MURCIA. ESPAÑA. 2005. WWW.AEBIOETICA.ORG/04BIO58.HTM.

DIRECCIÓN NACIONAL DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y DIRECCIÓN NACIONAL DE ESTUDIOS. BOLETÍN ESTADÍSTICO TECNOLÓGICO, BIOTECNOLOGÍA. MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PRODUCTIVA. ARGENTINA. 2010. WWW.MINCYT.GOV.AR/PUBLICACIONES/BET_BIOTECNOLOGIA.PDF.

DOSI, GIOVANNI; PAVITT, KEITH; SOETE, LUC. LA ECONOMIA DEL CAMBIO TECNICO Y EL COMERCIO INTERNACIONAL. SECOFI. MEXICO. 1993. 334 P.

DRESER, ANAHÍ; WIRTZ, VERONIKA; CORBETT, KITTY; ECHÁNIZ, GABRIELA. USO DE ANTIBIÓTICOS EN MÉXICO: REVISIÓN DE PROBLEMAS Y POLÍTICAS. SALUD PÚBLICA. MEXICO. 2008. HTTP://WWW.SCIELO.ORG.MX/SCIELO.PHP?SCRIPT=SCI_ARTTEXT&PID=S0036-36342008001000009&LNG=PT&NRM=ISO&TLNG=ES

DUTRÉNIT; JASSO; VILLAVICENCIO. GLOBALIZACIÓN, ACUMULACIÓN DE CAPACIDADES E INNOVACIÓN: LOS DESAFÍOS PARA LAS EMPRESAS, LOCALIDADES Y PAÍSES. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. MÉXICO. 2007. 483 P.

ERNST & YOUNG. GLOBAL BIOTECHNOLOGY CENTER BEYOND BORDERS GLOBAL BIOTECHNOLOGY REPORT 2009. ERNST & YOUNG GLOBAL BIOTECHNOLOGY CENTER. EUA. 2009. HTTP://WWW.EY.COM/GL/EN/INDUSTRIES/LIFESCIENCES/BIOTECHNOLOGY_OVERVIEW.

FACULTAD DE MEDICINA. SEMANA DE INTEGRACIÓN BÁSICO-CLÍNICA DIABETES MELLITUS TIPO 2. UNAM. MEXICO. 2006. WWW.FACMED.UNAM.MX/PIBC/SEGUNDO2K61/SIBC_S_2K6.PDF.

FERRER, URBANO. CIENCIA, ÉTICA Y BIOÉTICA. 3ª. UNIVERSIDAD DE MURCIA. ESPAÑA. 2003. DIALNET.UNIRIOJA.ES/SERVLET/ARTICULO?CODIGO=860462.

FOLADORI, GUILLERMO. LA CRISIS CONTEMPORÁNEA DE LOS SISTEMAS DE SALUD. VOL 54. COMERCIO EXTERIOR. MÉXICO. 2004.

FREEMAN, CHHRISTOPHER. LA TEORIA ECONOMICA DE LA INNOVACION INDUSTRIAL. ALIANZA. ESPAÑA. 1975. 403 P.

FRYE, JULIE. INTERNATIONAL DRUG PRICE INDICATOR GUIDE. MANAGEMENT SCIENCES FOR HEALTH. EUA. 2003. HTTP://ERC.MSH.ORG/MAINPAGE.CFM?FILE=1.0.HTM&MODULE=DMP&LANGUAGE=ENGLISH.

FRYE, JULIE. INTERNATIONAL DRUG PRICE INDICATOR GUIDE. MANAGEMENT SCIENCES FOR HEALTH. EUA. 2009. ERC.MSH.ORG/DMPGUIDE/PDF/DRUGPRICEGUIDE_2009_SP.PDF.

GENOMA ESPAÑA. GENOMA Y MEDICINA. FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN EN GENÓMICA Y PROTEÓMICA. ESPAÑA. 2004. WWW.GEN-ES.ORG/12_PUBLICACIONES/DOCS/PUB_82_D.PDF.

GIL, MAGOS; MARTE, LORENZANA. LAS FASES EN EL DESARROLLO DE NUEVOS MEDICAMENTOS. VOL. 52. FACULTAD DE MEDICINA. UNAM. MEXICO. 2009. [HTTP://WWW.MEDIGRAPHIC.COM](http://www.medigraphic.com).

GÓMEZ; LEOBARDO; GALAR; MARCELA; TÉLLEZ; CARMONA; AMAYA. ESTUDIO DE AUTOMEDICACIÓN EN UNA FARMACIA COMUNITARIA DE LA CIUDAD DE TOLUCA. VOL. 40. REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS. MÉXICO. 2009. [HTTP://REDALYC.UAEMEX.MX/SRC/INICIO/ARTPDFRED.JSP?ICVE=57940102](http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/artpdfred.jsp?icve=57940102).

GONZALEZ, CARLOS; VILLA, JUAN; VELASCO, REINALDO. BIOTECHNOLOGY: FROM THE VIEW POINT OF THE BUSINESS. FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. ESPAÑA. 2007. 6P.

GONZALEZ, ROSA; QUINTERO, RODOLFO. BIOTECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN MÉXICO, ¿POR QUÉ HA PASADO TAN POCO? SINNCO. MEXICO. 2008. [OCTI.GUANAJUATO.GOB.MX/.../MT6_GONZALEZ_QUINTERO.PDF](http://octi.guanajuato.gob.mx/.../MT6_GONZALEZ_QUINTERO.PDF).

GOVANTES, JESÚS; LORENZO, PEDRO; GOVANTES, CARLOS. MANUAL NORMON. LABORATORIOS NORMON. ESPAÑA. 2006. [WWW.NEMED.COM.AR/DESCARGAS/LIBROS/MANUAL_NORMON.PDF](http://www.nemed.com.ar/Descargas/Libros/Manual_Normon.pdf).

GUZMÁN, ALENKA; BROWN, FLOR. DISEMINACIÓN TECNOLÓGICA EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA MEXICANA. V.54. N.11. COMERCIO EXTERIOR. MEXICO. 2004. [HTTP://REVISTAS.BANCOMEXT.GOB.MX/RCE/SP/INDEX.JSP?IDREVISTA=70](http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/sp/index.jsp?idrevista=70).

GUZMÁN, ALENKA; PLUVIA, MARÍA. PATENTES EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA DE MÉXICO: LOS EFECTOS EN LA INVESTIGACIÓN, EL DESARROLLO Y EN LA INNOVACIÓN. VOL 54 COMERCIO EXTERIOR. MEXICO. 2004.

HART, WARREN; COLLAZO, MANUEL. COSTOS DEL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DE LA DIABETES MELLITUS EN DIFERENTES PAÍSES DEL MUNDO. REVISTA CUBANA ENDOCRINOLOGICA. CUBA. 1998. [HTTP://BVS.SLD.CU/REVISTAS/END/VOL9_3_98/END05398.HTM](http://bvs.sld.cu/revistas/end/vol9_3_98/end05398.htm).

HENDERSON, JEFFREY; DICKEN, PETER; HESS, MARTIN; COE, NEIL; WAI-CHUNG, HENRY. GLOBAL PRODUCTION NETWORKS AND THE ANALYSIS OF ECONOMIC DEVELOPMENT. REVIEW OF INTERNATIONAL POLITICAL ECONOMY. REINO UNIDO. 2002. [WWW.SED.MANCHESTER.AC.UK/GEOGRAPHY/RESEARCH/GPN/GPNWP1.PDF](http://www.sed.manchester.ac.uk/geography/research/gpn/gpnwp1.pdf).

HERNÁNDEZ, EMELIA. PATENTABILIDAD DE INVENCIONES BIOTECNOLÓGICAS. INSTITUTO MEXICANO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL. MEXICO. 2007. [DIALNET.UNIRIOJA.ES/SERVLET/ARTICULO?CODIGO=299139](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=299139).

HIGASHIDA, BERTHA. CIENCIAS DE LA SALUD. MCGRAW-HILL. MEXICO 2001.508 P.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. ENCUESTA INDUSTRIAL MENSUAL. INEGI. MÉXICO. 2010. 628 P.

KLUG, WILLIAM; CUMMINGS, MICHAEL; SPENCER, CHARLOTTE. CONCEPTOS DE GENETICA. PEARSON/PRENTICE HALL. MÉXICO. 2006. 884 P.

KPMG. LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN MÉXICO. KPMG. MÉXICO. 2006. 41 P.

LATINPHARMA. ESTUDIO DE OFERTA Y DEMANDA DEL SECTOR FARMACEUTICO. CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL. MEXICO. 2006. WWW.INTRACEN.ORG/TDC/SSTP/.../31139.PDF.

LÓPEZ, ANDRÉS. LAS IDEAS EVOLUCIONISTAS EN ECONOMIA: UNA VISION DE CONJUNTO. CENIT. ARGENTINA. 1996. CDI.MECON.GOV.AR/BIBLIO/DOCELEC/DP1422.PDF.

MACAYA, GABRIEL; CRUZ, ALEJANDRO. LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN COSTA RICA: APORTES PARA SU DIAGNÓSTICO. VOL III. PROYECTO ESTRATEGIA SIGLO XXI. COSTA RICA. 2006. ESTRATEGIA.CR/DOCUMENTOS/TOMO3.PDF.

MARX, KARL. EL CAPITAL. EDITORES MEXICANOS UNIDOS. MÉXICO. 2002. 215 P.

MATHEWS; VAN HOLDE; AHERN. BIOQUIMICA. PEARSON EDUCATION: ADDISON WESLEY. MEXICO. 2002. 1335 P.

MICHAELI, JORDY. TECNOLOGIA Y MODERNIZACION ECONOMICA. UAM, UNIDAD XOCHIMILCO : CONACYT. MEXICO. 1993. 499 P.

MINISTERIO DE ECONOMÍA Y PRODUCCIÓN. BIOTECNOLOGIA. DOCUMENTOS DE PROARGENTINA. ARGENTINA. 2005. 23 P.

MINISTERIO DE SALUD. GUÍA CLÍNICA. SERIE GUÍAS CLÍNICAS MINSAL N°XX. MINISTERIO DE SALUD. CHILE. 2006. WWW.REDSALUD.GOV.CL/ARCHIVOS/GUIASGES/ARTROSISCADERA.PDF.

MOLINA, RAUL; RIVAS, JOSÉ. MEDICAMENTOS, ECONOMIA Y SALUD: ASPECTOS ECONOMICOS Y UTILIZACION MEDICO-SOCIAL DE LOS MEDICAMENTOS. UAM. MEXICO. 1992. 179 P.

MONJARAZ, JORGE. LA LEY CONTRA EL BIOTERRORISMO DE ESTADOS UNIDOS: GUERRA CONTRA EL TERRORISMO O NEOPROTECCIONISMO. VOL.: 56, NÚMERO: 4 COMERCIO EXTERIOR. MEXICO. 2006. HTTP://REVISTAS.BANCOMEXT.GOB.MX/RCE/SP/INDEX.JSP?IDREVISTA=96.

NATURE GENETICS. TWELVE TYPE 2 DIABETES SUSCEPTIBILITY LOCI IDENTIFIED THROUGH LARGE-SCALE ASSOCIATION ANALYSIS. VOL. 42. NATURE GENETICS. EUA. 2010. WWW.NATURE.COM/NG/JOURNAL/V42/N7/FULL/NG.609.HTML.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. DIABETES MELLITUS TIPO 2 (DM2). INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA. MEXICO. 2006. WWW.INSPE.MX/PORTAL/CENTROS/CISS/NLS/BOLETINES/PME_08.PDF.

OCDE. A FRAMEWORK FOR BIOTECHNOLOGY STATISTICS. OCDE. FRANCIA. 2005. WWW.OECD.ORG/.../0,3343,EN_2649_34537_34962243_1_1_1_1,00&&EN-SS_01DBC.HTML.

OCDE. RECOMENDACIONES PARA PROMOVER UN MARCO REGULATORIO MÁS FAVORABLE A LA COMPETENCIA EN EL MERCADO FARMACÉUTICO. OCDE. FRANCIA. 2009. WWW.OECD.ORG/DATAOECD/31/29/45048775.PDF.

OLIBER, MÓNICA. EL CAMBIO TECNOLÓGICO: EL MODELO CONCEPTUAL Y LA APLICACIÓN DE LA POLÍTICA. N° 11. CIENCIA Y TECNOLOGÍA. EL SALVADOR. 2003. WWW.CONACYT.GOB.SV/CAMBIOTECDONCONCEPESCYT-08-11-2003.DOC.

ORTÚN, VICENTE. PATENTES, REGULACIÓN DE PRECIOS E INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA. CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ECONOMÍA Y SALUD. ESPAÑA. WW.REVISTASICE.COM/.../CICE_67_191207__CA88FD0653698542FF0182979B745287.PDF.

PERKEL, JEFFREY. RNAI THERAPEUTICS: A TWO-YEAR UPDATE. SCIENCE. BUSINESS OFFICE FEATURE. EUA. 2010. WWW.SCIENCEMAG.ORG/CGI/CONTENT/SUMMARY/326/5951/454.

PROFECO. EL COSTO DE VIVIR CON DIABETES. PROFECO. MEXICO. 2007. HTTP://WWW.PROFECO.GOB.MX/ENCUESTA/BRUJULA/BRUJ_2007/BOL47_DIABETES.ASP.

PROFECO. PRODUCTOS MILAGRO PARA ADELGAZAR. REVISTA DEL CONSUMIDOR. MEXICO. 2005. WWW.PROFECO.GOB.MX/REVISTA/...05/PROD_MILAGRO_ENE05.PDF.

QUEZADA; ROCA; SZAUER; GÓMEZ; LÓPEZ. BIOTECNOLOGÍA PARA EL USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD. CAPACIDADES LOCALES Y MERCADOS POTENCIALES. UNIDAD DE PUBLICACIONES DE LA CAF. VENEZUELA. 2005. HTTP://WWW.ECLAC.CL/CGIIN/GETPROD.ASP?XML=/PUBLICACIONES/SINSIGLA/XML/4/21344/P21344.XML&XSL=/TPL/P10F.XSL.

QUINTERO, RODOLFO. LA REVOLUCION DE LAS BIOTECNOLOGIAS. UAM. MEXICO. 1990. 87 P.

RICARDO, DAVID. PRINCIPIOS DE ECONOMÍA POLÍTICA Y TRIBUTACIÓN. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. MÉXICO. 1985. 189 P.

SALA, NIEVES; REINOSO, LUCÍA. CAPITAL RIESGO Y BIOTECNOLOGÍA. GENOMA ESPAÑA. ESPAÑA. 2007. WWW.GENES.ORG/12_PUBLICACIONES/DOCS/PUB_53_D.PDF.

SÁNCHEZ, M. BREVE INVENTARIO DE LOS MODELOS PARA LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LAS ORGANIZACIONES. ACIMED. CANADA. 2005. HTTP://BVS.SLD.CU/REVISTAS/ACI/VOL13_6_05/ACI06605.HTM.

SANOFI-AVENTIS. LA DIABETES MELLITUS EN LATINOAMÉRICA. SANOFI-AVENTIS. PANAMÁ. 2007. WWW.SANOFI-AVENTIS.COM.PA/L/PA/SP/DOWNLOAD.JSP?FILE=E1B43CA9.

SCHUMPETER, JOSEPH. TEORIA DEL DESENVOLVIMIENTO ECONOMICO : UNA INVESTIGACION SOBRE GANANCIAS, CAPITAL, CREDITO, INTERES Y CICLO ECONÓMICO. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. MÉXICO. 1987. 255 P.

SECRETARÍA DE SALUD. ACUERDO NACIONAL PARA LA SALUD ALIMENTARIA. ESTRATEGIA CONTRA EL SOBREPESO Y LA OBESIDAD. SECRETARÍA DE SALUD.

MEXICO. 2010.
PORTAL.SALUD.GOB.MX/DESCARGAS/PDF/ANSA_ACUERDO_ORIGINAL.PDF.

SECRETARÍA DE SALUD. PROGRAMA NACIONAL DE SALUD 2007-2012.
SECRETARÍA DE SALUD. MEXICO. 2007.
PORTAL.SALUD.GOB.MX/DESCARGAS/PDF/PNSCAP1.PDF.

SMITH, ADAM. INVESTIGACIÓN SOBRE LA NATURALEZA Y CAUSAS DE LA
RIQUEZA DE LAS NACIONES. FONDO DE CULTURA ECONÓMICA. MÉXICO. 2009.
719 P.

TORRES; GUTIÉRREZ. MERCADO FARMACÉUTICO EN MÉXICO: TAMAÑO, VALOR Y
CONCENTRACIÓN. REVISTA PANAMERICANA. SALUD PÚBLICA. 2009.
WWW.SCIELOSP.ORG/PDF/RPSP/V26N1/07.PDF.

VERGARA, JOSE. ENSAYOS ECONOMICOS SOBRE INNOVACION TECNOLOGICA.
ALIANZA. ESPAÑA. 1989. 241 P.

VICUÑA, RAFAEL. BIOTECHNOLOGY: MARKETS AND BIOETHICS. ESTUDIOS
PÚBLICOS. CHILE. 2008.
WWW.CEPCHILE.CL/DMS/ARCHIVO_4157.../REV110_VICUNA_BIOTECHNOLOGY.PD
F.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. THE INTERNATIONAL PATENT
SYSTEM. WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. SUIZA. 2010.
WWW.WIPO.INT/IPSTATS/EN/.

WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. WORLD INTELLECTUAL
PROPERTY INDICATORS. WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION.
SUIZA. 2009.
WWW.WIPO.INT/FREEPUBLICATIONS/EN/INTPROPERTY/941/WIPO_PUB_941.PDF.

ZHANG, PING; ZHANG, XINZHI; BETZ, JONATHAN; VISTISEN, DORTE; SICREE,
RICHARD; SHAW, JONATHAN; NICHOLS, GREGORY. ECONOMIC IMPACT OF
DIABETES. DIABETES ATLAS. EUA. 2010.
BLOGIMAGES.BLOGGEN.BE/DIABETESCHECK/ATTACH/35597.PDF.

SITIOS ELECTRÓNICOS

<http://bvs.insp.mx/php/index.php>

<http://diabetes.diabetesjournals.org/>

<http://www.amiif.org/cms/>

<http://www.canifarma.org.mx/>

<http://www.cemece.salud.gob.mx/>

<http://www.cigb.edu.cu/>

<http://www.conacyt.mx/Paginas/default.aspx>

<http://www.elpais.com/global/>
<http://www.espacenet.com/index.en.htm>
<http://www.facmed.unam.mx/>
<http://www.fda.gov/>
<http://www.inegi.org.mx/>
<http://www.insp.mx/>
<http://www.lemonde.fr/>
<http://www.msd.com.mx/>
<http://www.nature.com/index.html>
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/encyclopedia.html>
<http://www.nytimes.com/>
<http://www.oecd.org/>
<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>
<http://www.profeco.gob.mx/>
<http://www.sai.com.ar>
<http://www.salud.gob.mx/>
<http://www.salupedia.org/>
<http://www.sciencemag.org/>
<http://www.scienceresearch.com>
<http://www.thetimes.co.uk/tto/news/>
<http://www.todo-ciencia.com>
<http://www.unam.mx/>
<http://www.uspto.gov/>
<http://www.who.int/es/>
<http://www.wipo.int/portal/index.html.en>

PROGRAMAS UTILIZADOS

NETDRAW.

OFFICE 2010.

SPSS 19.

UCINET 6.