



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA QUÍMICA – INNOVACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

**CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDADES EN I&D+I EN BIOMEDICAMENTOS Y SU
RELACIÓN CON EL SISTEMA DE INNOVACIÓN EN MÉXICO**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
GABRIELA MATZALLANI GÓMEZ ALVARADO

TUTOR
DR. HUGO NORBERTO CICERI SILVENSES
FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

MÉXICO, D. F. Noviembre 2015



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: DRA. JUNG COOK HELGI HELENE
Secretario: DRA. OLVERA TREVIÑO MA. DE LOS ANGELES P.
Vocal: ING. NIETO COLÍN FRANCISCO JERÓNIMO
1er Suplente: M. I. ORTIZ GALLARDO MARÍA GEORGINA
2do Suplente: DR. CICERI SILVENSES HUGO NORBERTO

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: CONJUNTO E, FACULTAD DE QUÍMICA,
CIUDAD UNIVERSITARIA

TUTOR DE TESIS:

DR. CICERI SILVENSES HUGO NORBERTO

FIRMA

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi tutor, el Doctor Hugo Ciceri por el conocimiento compartido y el apoyo brindado durante estos últimos dos años, en segundo lugar a mis sinodales por el tiempo invertido en la revisión de la presente, también a la Doctora Lena Ruiz, el Maestro Luis Antonio Carreño, el maestro Mario Trejo y el resto de las personas que amablemente me regalaron un poco de su tiempo para realizar las entrevistas que fueron de gran utilidad para la investigación.

Finalmente a CONACyT por la beca 593397 otorgada.

Índice

	Pag
Agradecimientos	i
Abreviaturas	v
Índice de tablas y figuras	vi
Índice de imágenes	viii
Resumen	1
Overview	2
Presentación	4
1. Elementos de la situación problemática	6
2. Planteamiento del problema y preguntas centrales	16
3. Estrategia y metodología de la investigación	19
4. Hipótesis de trabajo	21
5. Diagrama de variables	23
6. Importancia de la investigación y tipo de investigación	23
Capítulo 1 Marco teórico	26
1.1 Innovación y otros conceptos básicos	27
1.2 El concepto de co-evolución	30
1.3 La gestión tecnológica	31
1.4 Teoría de los sistemas	33
1.5 Sistema de Innovación Tecnológica	34
1.6 Sistema de Innovación Nacional	35
1.7 Sistemas de Innovación Específicos	36
1.8 Redes Tecno-económicas	36
1.9 La importancia de la aproximación de las TENs en las políticas científicas y tecnológicas	39
Conclusiones	41
Referencias	42
Capítulo 2 Los Centros de Investigación del Sistema de Innovación de Biomedicamentos	46
2.1 La organización de los Centros de Investigación del Sistema de Innovación Nacional	47
2.2 Criterios de selección de los Centros analizados	49

2.3	El Instituto de Biotecnología de la UNAM	57
2.4	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV)	68
2.5	El Centro de Biotecnología FEMSA (CB-FEMSA)	72
	Conclusiones	80
	Referencias	84
Capítulo 3 Componentes estructurales del SIBm y principales relaciones		87
3.1	Estructura del Sistema de Innovación en Biotecnología	89
3.2	Estructura del Sistema de Innovación de Biomedicamentos	90
3.3	La Red Tecno-económica de biomedicamentos	90
3.4	Actores directos de los Centros de Investigación	92
3.5	Actores relacionados indirectamente a los Centros de Investigación	99
3.6	Elementos externos del Sistema de Innovación de Biomedicamentos	102
3.7	Empresas Transnacionales	104
3.8	El cluster como estrategia de desarrollo	104
	Conclusiones	108
	Referencias	111
Capítulo 4. Elementos para el diagnóstico del SIBm		113
4.1	La estructura del Sistema de Innovación	116
4.2	La estructura del Sistema	120
4.4	El rol de las Empresas en el Sistema	124
4.5	El rol de Centros de Investigación analizados	129
4.6	El rol de las Instituciones Gubernamentales	133
4.7	La actuación sistémica y las relaciones internas	133
4.8	La dirección del SIBm	135
	Conclusiones	139
	Referencias	141
Capítulo 5 Conclusiones y propuestas		143
5	Conclusiones y propuestas	144
5.1	Conclusiones	144
5.2	Conclusión de la pregunta central	150
5.3	Propuestas	152

Bibliografía general	154
Glosario de términos	159
Anexos	161
Anexo Diseño de la entrevista y cuestionario aplicado	162
Anexo Resultados de la Entrevista	167
Anexo Imágenes de los Centros de Investigación y clusters visitados	171
Anexo Relación de Casos de éxito del Biocluster de Occidente	162
Anexo convenios de transferencia de material biológico, convenios de confidencialidad y líneas de investigación del Instituto de Biotecnología de la UNAM	168
Anexo patentes solicitadas y otorgadas al IBt, Cinvestav y CB-FEMSA	174

Abreviaturas

ADN: Acido Desoxirribonucleico
AP: Administradores Públicos
CI: Centros de Investigación
CINVESTAV: Centro de investigación y Estudios Avanzados del Politécnico Nacional.
CIBO: Centro de Investigaciones Biomédicas de Occidente
CB-FEMSA: Centro de Biotecnología FEMSA.
COFEPRIS: Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CONACyT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CPI: Centros Públicos de Investigación
CTI: ciencia tecnología e innovación
CBER: Centro de Evaluación Biológica e Investigación.
CDRH: Centro de Aparatos y Salud Radiológica.
CDER: Centro de Investigación y Evaluación de Medicamentos.
CFSAN: Centro de Seguridad de Alimentos y Nutrición Aplicada.
CVM: Centro de Medicina Veterinaria.
CTP: Centro de Productos de Tabaco.
GIDE: Gasto en Investigación y Desarrollo
FDA: Food and Drugs Administration
IBt: Instituto de Biotecnología de la UNAM
IES: Institutos de Educación Superior
I&D+i: Investigación, desarrollo e innovación
IMP: Instituto Mexicano del Petróleo
IMPI: Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
IMSS: Instituto Mexicano del Seguro Social
INEGI: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
ITESM: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
ITESO: Instituto Tecnológico De Estudios Superiores De Occidente
IPN: Instituto Politécnico Nacional
LBOGM: Ley de Bioseguridad y organismos genéticamente modificados
N.L.: Estado de Nuevo León
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OTT: Oficina de Transferencia Tecnológica

OMS: Organización Mundial de la Salud
ONU: Organización de Naciones Unidas
PCT: Solicitud Internacional de patente
PECITI: Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación
PDBB: Programa de desarrollo de bioseguridad y biotecnología
PIB: Producto Interno Bruto
PIIT: Parque de Investigación e Innovación Tecnológica
PND: Plan Nacional de Desarrollo
PYMEs: Pequeñas y Medianas Empresas
Programa AVANCE: Programa de Alto Valor Agregado en Negocios con Conocimiento y Empresarios
RENIECYT: Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas
SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEDENA: Secretaría de la Defensa Nacional
SEP: Secretaría de Educación Pública
SIBT: Sistema de Innovación en Biotecnología
SIBm: Sistema de Innovación en biomedicamentos
SIN: Sistema de Innovación Nacional
TENs: Redes Tecno-económicas
SIN: Sistema Nacional de Investigadores
SNCTI: Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación
SSA: Secretaría de Salud
UAM: Universidad Autónoma Metropolitana
U de G: Universidad de Guadalajara
UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México

Índice de tablas, figuras e imágenes

Índice de tablas

Tabla 2.1	Presupuesto para Instituciones Federales de Educación Superior, SEP, 2011-2015	45
Tabla 2.2	Distribución de gasto de las sub funciones del Ramo 11(SEP) 2013-2014	46
Tabla 2.3	Distribución del gasto para la función Ciencia, Tecnología e Innovación del ramo 11 (SEP), por unidades responsables, 2013-2014	47
Tabla 2.4	Producción, citas e impacto según la institución del autor 2015-2012	48
Tabla 2.5	Universidades con mayor número de investigadores en el SNI	49
Tabla 2.6	Instituciones con mayor número de patentes otorgadas a nivel nacional 1991-2012	50
Tabla 2.7	Instituciones con mayor número de solicitudes de patente en México 1991-2012	51
Tabla 2.8	Presupuesto por dependencia de la UNAM Ramo 300 Órganos de investigación científica 2015	54
Tabla 2.9	Presupuesto del Instituto de Biotecnología de la UNAM 2013	55
Tabla 2.10	Organización de los departamentos que integran el Instituto de Biotecnología de la UNAM	56
Tabla 2.11	Colaboraciones del IBt con otros centros de investigación	58
Tabla 2.12	Servicios técnicos ofrecidos por el IBt	59
Tabla 2.13	Convenios de licenciamiento y transferencia de tecnología del IBt 2009-2012	61
Tabla 2.14	Líneas de Investigación primarias en el Instituto de Biotecnología	62
Tabla 2.15	Principales características organizacionales del CINVESTAV	65
Tabla 2.16	Producción de artículos nacionales e internacionales del CINVESTAV 2007-2011	66
Tabla 2.17	Proyectos de Investigación en desarrollo del CINVESTAV 2007-2011	66
Tabla 2.18	Proyectos de infraestructura social y tecnología del CINVESTAV	67
Tabla 2.19	Programas de Posgrado del CINVESTAV	67
Tabla 2.20	Membresía en el Sistema Nacional de Investigadores del CINVESTAV 2007-2011	67
Tabla 2.21	Departamentos del CINVESTAV por área del conocimiento	68
Tabla 2.22	Cátedras de Investigación de la División de Biotecnología y Alimentos	71
Tabla 2.23	Principales líneas de investigación del CB-FEMSA	72
Tabla 2.24	Investigadores Adscritos al CB-FEMSA y su participación en el Sistema Nacional de Investigadores 2014	74
Tabla 2.25	Cátedras de investigación impartidas en el ITESM	75
Tabla 2.26	Principales características de la OTT del ITESM campus Monterrey N.L.	76
Tabla 2.27	Resumen de capacidades del IBt, CINVESTAV y CB-FEMSA	79
Tabla 3.1	Principales elementos Sistema de Innovación de Biotecnología	73

Tabla 3.3	Principales actores del Sistema de Innovación de Biomedicamentos	88
Tabla 3.4	Revisión de las definiciones de <i>Cluster</i> de diferentes autores	89
Tabla 4.1	Elementos internos y externos del Sistema de Innovación de Biomedicamentos	109

Anexos

Tabla A2.1	Personal académico -Investigadores del IBt 2013	178
Tabla A2.2	Personal académico - Técnicos académicos del IBt 2013	180
Tabla A2.3	Patentes solicitadas en México, otros países y PCT por el IBT 2006-2013	188
Tabla A2.4	Líneas de Investigación del CINVESTAV relacionadas con los biomedicamentos	190
Tabla A2.5	Patentes solicitadas en México, otros países y por el CINVESTAV 1980-2013	195
Tabla A2.6	Patentes solicitadas en México, otros países y PCT por el CB FEMSA 2009-2015	197
Tabla A2.7	Publicaciones Arbitradas del CB-FEMSA 1988-2015	201

Índice de figuras

Figura 1	Focalización de Problema de Investigación	12
Figura 2	Diagrama de variables	17
Figura 2.1	Investigadores del IBt en el SIN 2013	50
Figura 2.2	Investigadores del CB-FEMSA en el SNI 2014	73
Figura 2.3	Modelo de transferencia tecnológica del ITEMS	77
Figura 3.2	Red tecno-económica de los biomedicamentos	74
Figura 4.1	Traslape de los Sistemas de Innovación específicos	104
Figura 4.2	Triángulo de la Innovación	122
Figura 4.3	Mapa de relaciones del Sistema de Innovación de Biomedicamentos	124

Índice de imágenes (anexos)

Imagen A1.1	Laboratorio de Farmacología del CINVESTAV-Unidad Zacatenco	163
Imagen A1.2	Laboratorio cromatografía de masas del Departamento de Biología Celular del CINVESTAV-Unidad Zacatenco	
Imagen A1.3	Bioterio del Departamento de Biología Celular del	

CINVESTAV-Unidad Zacatenco	163
Imagen A1.4 Laboratorio Universitario de proteómica del IBt Cuernavaca	163
Imagen A1.5 Birreactor de la Unidad de Escalamiento y Planta piloto del IBt	164
Imagen A1.6 Laboratorio 4 del Departamento de Genética y Biología molecular del CINVESTAV-Unidad Zacatenco	164
Imagen A1.7 Centro de Biotecnología- FEMSA Ubicado en Monterrey N.L.	164
Imagen A1.8 Laboratorio 7 de Microbiología Molecular del IBt Cuernavaca.	164
Imagen A1.9 Laboratorio piso 5 del CB- FEMSA	164
Imagen A1.10 Unidad de Síntesis y de Secuenciación de Macromoléculas del IBt Cuernavaca	165
Imagen A1.11 Laboratorio piso 5 del CB- FEMSA	165
Imagen A1.12 Área de cromatografía de laboratorio piso 5 del CB- FEMSA	165
Imagen A1.13 Laboratorio piso 5 del CB- FEMSA	165
Imagen A1.14 Centro de Innovación y Desarrollo Estratégico de Productos del ITESM, ubicado en el PIIT	165
Imagen A1.15 Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) ubicado en Apodaca N.L.	166
Imagen A1.16 SIGMA Alimentos ubicado en el PIIT	166
Imagen A1.17 Texas University ubicado en el PIIT	166
Imagen A1.18 Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente miembro del <i>Biocluster</i> de Occidente	166
Imagen A1.19 Centro de Investigaciones Biomédicas de Occidente ubicado en Jalisco miembro del Biocluster de Occidente	166

Resumen/ Overview

Resumen

Esta tesis busca responder algunas interrogantes relacionadas con la estructuración del Sistema de Innovación Específico (SIE) y sus capacidades en el área de biomedicamentos. Como instrumento teórico para conducir la investigación se utiliza el constructo denominado Sistema de Innovación, que permite ordenar y establecer la concentración de recursos en los distintos actores que forman parte del SIE y contar con una idea de los diversos aspectos de la microeconomía de la investigación y las conductas interactivas de los diferentes actores. Por lo tanto, el “objeto de estudio” se sitúa en el campo de las ciencias sociales, específicamente su pertenencia corresponde a la Administración y Gestión Tecnológica. El alcance de la investigación se circunscribe a un *corpus* de instituciones en las cuales se practica investigación relacionada con el tema en cuestión. Por otro lado, no se ignora que en otros organismos e instituciones también se llevan a cabo trabajos en el área. Sin embargo, esta investigación toma como una primera aproximación los siguientes actores: El Instituto de Biotecnología de la UNAM (IBt), El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV) y el Centro de Biotecnología FEMSA del ITESM (CB-FEMSA).

El responder, aunque de manera exploratoria algunas de las interrogantes planteadas para las cuestiones micro y meso sistémicas del Sistema de Innovación, nos puede ayudar a plantear políticas públicas más certeras y adecuadas, además de alianzas, convenios de vinculación y explicar experiencias exitosas tales como Silanes, Probiomed y Bioclón. Si bien esta es una investigación exploratoria como se apuntó *supra*, hay que destacar que no existen en la literatura trabajos que aborden la problemática mexicana desde esta perspectiva con instrumentos propios de la economía de la innovación y evolucionista.

Overview

This thesis aims to answer some questions related to the structuring of the Specific Innovation System and its capabilities in the area of biologic drugs. The construct called Innovation System is used as a theoretical tool to drive the research because allows ordering and establishing the concentration of sources in the several actors that are part of the SIS and provides an idea of the various aspects of the microeconomics of the research and the interactive behaviors of different actors. Therefore, the "object of study" is located in the field of social sciences, specifically of stream that corresponds to the Administration and

Management of Technology. The scope of the investigation is limited to a corpus of institutions in which research related to the subject at hand is practiced. On the other hand, it is not denied that in other organizations and institutions, also are carried out work in the area. However, this research takes as a first approximation the following actors: The Institute of Biotechnology of the UNAM (IBt), The Center for Research and Advanced Studies del IPN (CINVESTAV) and the FEMSA Biotechnology Center at ITESM (CB-FEMSA).

Responding in an exploratory way some of the raised questions for the micro and meso issues of the Innovation System can help us to create more accurate and appropriate public policy also alliances, agreements linking and explain successful experiences such as Silanes, Probiomed and Bioclón. While this is an exploratory research, as was pointed out above, should emphasize that there are not in the literature works that address the problem from this perspective with instruments of innovation and evolutionary economy.

Presentación

El presente trabajo titulado *Construcción de Capacidades en I&D+i en Biomedicamentos y su relación con el Sistema de Innovación en México* se sustenta en un proceso de investigación y tiene como propósito explorar el área de los biomedicamentos¹ desde un punto de vista sistémico y a partir de los resultados realizar recomendaciones que ayuden a mejorar las políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación relacionadas con el área.

El problema que se plantea es resultado de la búsqueda de un punto de convergencia entre dos condiciones: la primera es la formación académica de la sustentante (Ingeniería Bioquímica Industrial) y la segunda, la línea de investigación del tutor, el Dr. Hugo Ciceri Silvenses (que explora diversos aspectos del Sistema de Innovación Nacional mexicano).

Como se explicará más adelante, un Sistema de Innovación Nacional (SIN) se compone por subsistemas y uno de estos (o los elementos que pueden generar su construcción) corresponde al área científico-tecnológica de la biotecnología, que es el objeto de estudio de esta investigación. Esta área científica tiene una gran variedad de aplicaciones, por lo que se ha elegido a los biomedicamentos como punto central. Previo al planteamiento

del problema se deben indagar los aspectos contextuales que lo circunscriben, por lo que a continuación se describen los más relevantes.

¹ Se denomina medicamento biotecnológico, a toda sustancia que haya sido producida por biotecnología molecular (ADN recombinante), que tenga efecto terapéutico, preventivo o rehabilitatorio, que se presente en forma farmacéutica, que se identifique como tal por su actividad farmacológica y propiedades físicas, químicas y biológicas.

Se denomina biofármaco, a toda sustancia que haya sido producida por biotecnología molecular (ADN recombinante), que tenga actividad farmacológica, que se identifique por sus propiedades físicas, químicas y biológicas y que reúna las condiciones para ser empleada como principio activo de un medicamento biotecnológico.

Es importante hacer la distinción entre ambos conceptos, ya que el segundo (biofármaco) se refiere a lo que se denomina en la farmacéutica tradicional como principio activo.

El ADN recombinante, es una molécula de ADN artificial formada de manera deliberada in vitro por la unión de secuencias de ADN provenientes de dos organismos distintos que normalmente no se encuentran juntos. Al introducirse este ADN recombinante en un organismo, se produce una modificación genética que permite la adición de una nueva secuencia de ADN al organismo, conllevando a la modificación de rasgos existentes o la expresión de nuevos rasgos.

1. Elementos de la situación problemática

En 1912² el economista de origen austriaco-estadounidense Joseph Schumpeter introdujo en su obra *The Theory of Economic Development* dos conceptos, estos son: la *innovación*³ como causa del desarrollo y *empresario innovador* como propiciador del proceso de innovación⁴. Estos dos elementos son los que generan cambios en el sistema económico, que se caracteriza por ser cíclico. Para el autor, el volumen de producción de un país determinado es definido por tres elementos: los *factores o fuerzas materiales del proceso de producción*⁵, la *tecnología e innovación* y los *aspectos socio-culturales*. Estos tres elementos contribuyen al crecimiento de la producción, pero con diferentes niveles de impacto, por lo que los agrupó en las dos categorías siguientes:

- a) Los componentes del *crecimiento* económico son los efectos en los cambios en la disponibilidad de los factores productivos (fuerzas materiales), que provocan un cambio gradual y lento en el sistema económico⁶.
- b) Las fuerzas o factores del *desarrollo* económico son los efectos de los cambios tecnológicos y sociales (tecnología, innovación y ambiente socio-cultural), denominados fuerzas inmateriales que ejercen un impacto más decisivo y dinamizan el sistema económico⁷.

Schumpeter estableció una distinción entre crecimiento y desarrollo económico, el primero es un cambio de tipo cuantitativo relacionado con el aumento de la producción y sin efectos

² Girón, A. “Schumpeter: aportaciones al pensamiento económico”, *Revista Comercio Exterior*, pp. 1077-1084, diciembre 2000. Y en Yoguel, Gabriel. “De Schumpeter a los postschumpeterianos: viejas y nuevas dimensiones analíticas”, *Revista Problemas del Desarrollo*, Número 174 (44), pp.37-45, julio-septiembre 2013.

³ Se entiende por innovación la aplicación de una invención en Alonso y Méndez. *Innovación, Pequeña empresa y desarrollo Local en España*. Ed. Civitas, pp. 28, 2000.

⁴ Para Schumpeter el *empresario innovador*, es aquella persona que tiene la capacidad e iniciativa para proponer y realizar nuevas combinaciones de medios de producción.

⁵ Las fuerzas materiales las componen los llamados factores originales de la producción (Factor trabajo, factor tierra y factor capital), mientras que las fuerzas inmateriales las componen los hechos técnicos y los hechos de organización social en Adelman, Irma. *Teorías del desarrollo económico*. Tercera reimpression, Fondo de Cultura Económica, México, p.113, 1978.

⁶ Montoya, O. “Schumpeter, Innovación y determinismo tecnológico”, *Scientia et Technica*, Año X, Número 25, pp. 209-213, Agosto 2004.

⁷ *Ibidem*, Montoya, p. 211, 2004.

sociales con tendencia al equilibrio estático⁸, mientras que el desarrollo económico es un cambio espontáneo y discontinuo que desplaza siempre el estado de equilibrio existente⁹, es un fenómeno dinámico que implica un proceso de transformación cualitativa de la sociedad y la economía.

Para Schumpeter el factor central del desarrollo económico es la innovación; la causa de la transformación constante en el sistema, es decir, el desarrollo económico es el fenómeno tecnológico y con él, el proceso de innovación tecnológica¹⁰.

A partir de los años 80s¹¹, diversos autores retomaron las ideas de Schumpeter actualizándolas y desarrollando nuevas dimensiones analíticas ausentes en su obra¹², y han resultado de utilidad para explorar la diferencia existente entre los países desarrollados tecnológicamente (y por ende, económicamente) y los que se encuentran rezagados. Todos estos autores al igual que Schumpeter han puesto como elemento fundamental de sus trabajos la innovación y el cambio tecnológico como principal factor del desarrollo económico.

Uno de los teóricos proveniente de la corriente schumpeteriana fue Christopher Freeman, que en 1982 mencionó por primera vez el concepto de Sistema de Innovación Nacional (SIN), cuando presentó un trabajo dentro del grupo de expertos en ciencia, tecnología y competitividad de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)¹³. Freeman definió el concepto SIN como “la red de instituciones en los sectores públicos y privados cuyas actividades e interacciones modifican, difunden e importan nuevas

⁸ *Ibidem*, Montoya, p. 210, 2004. Es un concepto proveniente de la física que implica: o que un cuerpo se encuentra en un estado de reposo o que se mueve con velocidad constante.

⁹ Schumpeter, J. *Teoría del desenvolvimiento económico*. Quinta Reimpresión, Fondo de Cultura Económica, México, p. 25, 1987.

¹⁰ Para Schumpeter los elementos que generan el cambio tecnológico son tanto *el empresario innovador* o emprendedor y *las empresas innovadoras*, ambos conceptos tienen como característica la aplicación del conocimiento al proceso productivo, provenientes de la investigación, de la introducción de nuevas técnicas o del desarrollo de nuevos métodos para hacer las cosas.

¹¹ El 1982 con la aparición del libro de Richard Nelson y Sidney Winter, *And Evolutionary Theory of Economic Change*, son retomadas las ideas de Schumpeter en *Ibidem* Yoguel, p.37, 2013.

¹² *Ibidem*, Yoguel, p.37, 2013.

¹³ Ciceri, H. *Construcción de la agenda Tecnológica Mexicana desafíos impuestos por el contexto integrativo mundial de economía abierta*. Editorial Economic Commission of Latinoamérica. United Nations. UNAM. ejemplar para la revisión discusión México D.F., 2011.

tecnologías”¹⁴, y su uso se ha extendido de manera importante alrededor del mundo. Actualmente, expertos de diversas disciplinas, organismos internacionales y formuladores de políticas, lo usan como marco conceptual apropiado para entender los elementos que participan en el proceso del cambio tecnológico y la innovación como una herramienta útil para guiar el diseño y la implementación de las políticas públicas.

Organismos Internacionales como la OCDE que tienen como labor trabajar para afrontar los retos económicos, sociales y medioambientales generados por la globalización¹⁵, han desarrollado diversos documentos para la evaluación del desarrollo científico, tecnológico y de innovación en los países miembros. Dichas guías tienen como objetivo brindar directrices sobre el proceso de innovación, la aplicación de cambios significativos en las empresas y los factores que influyen en las actividades innovadoras y los resultados de la innovación. En el contenido de las mismas se encuentra el planteamiento de objetivos relacionados con el desarrollo tecnológico e industrial, el incrementar en la inversión para la ciencia y tecnología en términos de porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB), la creación de organismos gubernamentales que planifiquen las actividades de investigación y desarrollo científico y que promuevan la vinculación Universidad-industria¹⁶, esto con el fin de promover el desarrollo económico.

El enfoque del Sistema de Innovación en México

Siguiendo las ideas de estos organismos, e.g., OCDE y Banco Mundial, México ha establecido como uno de sus principales objetivos el incrementar la productividad a través del desarrollo de ventajas competitivas¹⁷ por medio de la generación de conocimiento científico y

¹⁴ Freeman, C. *Technology Policy and Economic Performance: Lesson from Japan*, London Printer, 1987.

¹⁵ OCDE, Manual de Oslo, Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación, Tercera edición. *Traducción Española*, Tragsa, 2006.

¹⁶ *Ibidem*, OCDE, Manual de Oslo, 2006.

¹⁷ Una ventaja competitiva es un término acuñado por Porter que se refiere a aquellas ventajas que desarrollan los países a través de innovaciones y que los colocan en una posición de superioridad frente a los competidores globales mientras que la ventaja comparativa es uno de los conceptos básicos que fundamenta la teoría del comercio internacional y muestra que los países tienden a especializarse en la producción y exportación de aquellos bienes que fabrican con un coste relativamente más bajo respecto al resto del mundo, en los que son comparativamente más eficientes que los demás y que tenderán a

tecnológico, sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento no han sido satisfactorios puesto que el crecimiento económico se ha mantenido en niveles bajos.

El Estado mexicano adoptó el enfoque del sistema de innovación en el año 2001, al crearse el primer Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2001-2006 (PECITI) y en él se hace referencia a la creación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCT), su concepto fundador fue adaptado del introducido por Freeman. Éste primer intento mostró múltiples deficiencias, probablemente, por ser un concepto nuevo para los generadores de políticas. La deficiencia más señalada por los expertos fue el no posicionar a las empresas como elemento central del el SNCT ya que son *ellas las que introducen los desarrollos tecnológicos al mercado generando el proceso de innovación*. Sin embargo, el PECITI se enfocó en fortalecer la infraestructura de los centros de investigación (CI), separando a las empresas de estos y obviando el papel de las empresas extranjeras¹⁸.

La oferta científica y tecnológica es un requisito para la generación de innovaciones pero no es el único, Sabato afirma que los factores necesarios para el proceso de innovación son el conjunto integrado por el gobierno, la industria y la academia, estos elementos aparecen en el bautizado triángulo de Sabato y posteriormente en los trabajos realizados por Etzkowitz; el modelo denominado “la triple hélice”¹⁹. Esta teorización puede ser vista como complemento de lo postulado por Schumpeter, que propone a las empresas innovadoras como elemento central del cambio tecnológico y afirma *que la competitividad generada a través de la especialización técnica, da lugar a la segregación o desaparición de aquellas empresas no innovadoras*.

Sin embargo, en México son pocas las organizaciones que cuentan con ese perfil; encuestas recientes del INEGI registran la incidencia de las empresas que realizan actividades de

importar los bienes en los que son más ineficaces y que por tanto producen con unos costes comparativamente más altos que el resto del mundo.

¹⁸ Cf. con Solleiro, J. L. “El Programa Especial de Ciencia Y Tecnología 2001-2006 y el Sistema Nacional de Innovación”. *Aportes, Revista de la Facultad de Economía-BUAP*, Año VII núm. 20, 2001.

¹⁹ Etzkowitz postula que para la generación de desarrollos tecnológicos es necesario la participación de las empresas, las universidades y el Gobierno a este modelo lo denominó la triple hélice.

investigación y desarrollo y los resultados son menores al 15%²⁰ y aun cuando esta no es la única modalidad en la que una empresa puede innovar, es un indicativo del comportamiento del sector industrial.

Existen diferentes modelos o vías para generar el desarrollo tecnológico en los países. Una de ellas se da cuando, a través de la creación de políticas públicas se dirige y promueve la investigación científica y el desarrollo tecnológico, lo cual impacta directamente el gasto en investigación y desarrollo (GIDE) en términos del producto interno bruto (PIB), el cual es un indicativo de la independencia tecnológica de los países y de su desarrollo económico. Las características de cada país son diferentes y en ocasiones los programas dedicados al desarrollo de capacidades de innovación para las empresas deben ser complementados con las capacidades científicas y tecnológicas de los Centros de investigación y universidades, por lo que es necesario implementar políticas que contemplen a ambos actores. El estado mexicano actualmente sigue este modelo, por lo que se han introducido en el proyecto de nación elementos para la instrumentación de programas, apoyos y fondos para el estímulo a la innovación en el sector productivo y el financiamiento de proyectos de ciencia aplicada.

Los documentos de planificación e instrumentación más importantes en la materia para el gobierno federal son La ley de Ciencia y Tecnología, el Plan Nacional de Desarrollo (PND, que es el instrumento utilizado para exponer de forma general los objetivos planteados por el Presidente para el mandato que dirigirá), y el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECITI). En estos documentos se menciona la meta de incrementar el GIDE al 1% del PIB, misma que, durante las últimas tres administraciones federales se ha establecido. Actualmente este indicador se encuentra en el 0.54%²¹.

La Ley de Ciencia y Tecnología

Esta ley fue expedida el 5 de Junio de 2002 y su última modificación fue publicada el 28 de Enero de 2011. Esta ley tiene como objetivo el ordenar todos los actores y dependencias involucrados en la toma de decisiones en materia de ciencia tecnología e innovación, los

²⁰ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta sobre innovación y desarrollo tecnológico ESIDET 2010 Resultados http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/productos/encuestas/especiales. [Consultado el 23 de marzo 2014].

²¹ Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013-2018 Logros 2014. Extraído de la página oficial de CONACyT.

instrumentos de apoyo utilizados por estos organismos y los principios orientadores que deben de guiar a los servidores públicos, a los investigadores y toda persona que realice investigación científica.

La Ley está organizada en los siete capítulos: I) Disposiciones generales, II) Sobre el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, III) Principios Orientadores del Apoyo a la Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación, IV) Instrumentos de Apoyo a la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación, V) Coordinación y Descentralización, VI) Participación, VII) y VII) De la Vinculación del Sector Productivo y de Servicios con la Investigación Científica, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación.

En el capítulo IV se divide en cuatro secciones que incluyen: la red de información científica, los fondos de apoyo para el desarrollo de proyectos científicos y tecnológicos y el Programa Especial de Ciencia y Tecnología además de las generalidades.

En la Ley se describen los principios y regulaciones que deben conducir las actividades de CTI, los principales programas, además de los principales actores que deberán participar en la toma de decisiones en materia de CTI.

El Plan Nacional de Desarrollo

Uno de los elementos necesarios para la innovación, que Sabato señala, es la relación entre los tres diferentes actores (universidad, industria y gobierno) donde cada uno debe llevar a cabo tareas específicas para propiciar la interacción entre ellos.

El Estado es el encargado de generar las políticas públicas concernientes a lo científico, tecnológico e industrial²², con el fin de concentrar esfuerzos para lograr los objetivos. En México el instrumento de mayor jerarquía con esta finalidad lo constituye el Plan Nacional de Desarrollo (PND). En la Ley de Planeación se instruye sobre las características que deberá contener el PND;

²² Sabato, J. y Botana, N. “La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de Latinoamérica” *Revista Integración*, N°3, Buenos Aires, Argentina, Noviembre 1968.

“El Plan Nacional de Desarrollo precisa los objetivos nacionales, estrategia y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución, establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional; sus previsiones se referirán al conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando siempre en cuenta las variables ambientales que se relacionen a estas y regirá el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática.”²³.

En el actual PND, elaborado para el período 2013-2018, están establecidas las cinco metas nacionales, que proporcionan el marco general para la elaboración de Programas Sectoriales, Institucionales, Regionales y Especiales²⁴. Dichas metas son: i) México en Paz, ii) México Incluyente, iii) México con Educación de Calidad, iv) México Próspero y v) México con responsabilidad Global²⁵. Para lograr las metas planteadas en el PND se han incluido tres estrategias transversales las cuales serán guía para elaboración de los programas, estas son: democratizar la productividad, Gobierno cercano y moderno y perspectiva de género en todos los programas de la administración pública federal.

El PND está elaborado de tal forma que cada meta planteada es dividida en objetivos que además proponen estrategias para su cumplimiento. Por ejemplo, de la meta iii) antes mencionada, se desprende el objetivo número 3.5 el cual dicta hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación, pilares para el progreso económico y social sostenible²⁶. Para el cumplimiento de este objetivo se plantearon cinco estrategias.

El tercer capítulo del PND está dedicado a la exposición detallada de los seis objetivos del PECITI y las estrategias y líneas de acción concretas para lograrlos. Los cinco primeros corresponden a las líneas de política del PND en la materia, el sexto concierne al Programa para el Desarrollo de la Bioseguridad y la Biotecnología (PDBB)²⁷. En ese mismo capítulo se

²³ Ley de Planeación, artículo 23, Diario Oficial de la Federación, extraído de la página del Congreso. [Consultado el 3 de noviembre 2014].

²⁴ Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 Diario Oficial de la Federación, extraído de la página del Congreso. [Consultado el 10 de enero 2015].

²⁵ *Ibidem*, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

²⁶ *Ibidem*, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

²⁷ *Ibidem*, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

explica la incorporación de las tres estrategias transversales en el PECITI. Finalmente el cuarto capítulo está dedicado a establecer los indicadores y metas que permitirán evaluar los avances en torno de los objetivos planteados.

Programa Especial de Ciencia Tecnología e Innovación

La Ley de Ciencia y Tecnología indica que el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, será formulado por el CONACyT con base en las propuestas de las dependencias e instituciones que realizan actividades de CTI, y se tomarán en consideración las opiniones y propuestas de la comunidad científica, el sector académico y el sector productivo.

El Programa deberá ser actualizado cada 3 años y deberá incluir una visión de largo plazo y proyección de hasta 25 años.

“El Programa deberá contener, cuando menos, los siguientes aspectos: a) Investigación científica, desarrollo tecnológico y la innovación, b) Formación e incorporación de investigadores, tecnólogos y profesionales de alto nivel, c) Difusión del conocimiento científico y tecnológico y su vinculación con los sectores productivos y de servicios, d) Colaboración nacional e internacional en las actividades anteriores, e) Fortalecimiento de la cultura científica y tecnológica nacional, f) Descentralización y desarrollo regional, y g) Seguimiento y evaluación.”

El actual Programa (PECITI) es el formulado para el periodo 2014-2018, está integrado por cuatro capítulos: I) Diagnostico, alineación a las metas nacionales; II) Objetivos, estrategias y III) Líneas de acción e indicadores.

La importancia del programa radica en que este es el documento en el que se expresan los objetivos en materia de ciencia, tecnología e innovación de cada Administración.

Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)

De acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología, el SNCTI consolida la política de Estado en la realización de actividades científicas, tecnológicas y de innovación, y promueve la coordinación y la cooperación en la materia. Se encuentra conformado por los siguientes actores:

1. La política de Estado en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) definida por el Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.
2. El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación, así como los programas sectoriales y regionales en lo correspondiente a ciencia, tecnología e innovación;
3. Los principios orientadores e instrumentos legales, administrativos y económicos de apoyo a la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación establecidos en la normatividad.
4. Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que realicen actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación o de apoyo a las mismas, así como las instituciones de los sectores social y privado y gobiernos de las entidades federativas, a través de los procedimientos de concertación, coordinación, participación y vinculación conforme a la Ley y el marco reglamentario aplicable.
5. La Red Nacional de Grupos y CI y las actividades de investigación científica de las universidades e instituciones de educación superior.

El SNCTI se compone de los instrumentos de gobierno, política pública y planeación, y por un conjunto de actores para los cuales, debido a su diversidad, resulta difícil el trabajo de articulación: el sector público en sus tres niveles, el sector académico y de investigación, y el conjunto de empresas con actividades de CTI. Actualmente el CONACyT se ubica como el coordinador y eje articulador del SNCTI.

El Sistema cuenta con vínculos sólidos entre las instituciones de educación superior (IES) y los centros públicos de investigación (CPI). En contraste, otro tipo de vínculos, como aquellos entre las IES y los CPI con el sector productivo son aun escasos. Aún más, debido al poco dinamismo del mercado interno de tecnología, los vínculos del sector financiero con el sector productivo son también incipientes.

Es importante destacar que existen otras herramientas para la planeación e implementación de los proyectos nacionales de ciencia, tecnología e innovación, pero las anteriores son las más importantes y de mayor jerarquía jurídica. De toda la normatividad

revisada, podemos observar la intención de *generar una visión sistémica*, lo cual es relevante para la construcción y fortalecimiento de los múltiples elementos que participan en el desarrollo tecnológico del país. Finalmente, estos documentos representan el marco regulatorio que instruye a los organismos en el actuar adecuado para promover la innovación tecnológica, pero es necesaria la instrumentación de los planes para poder alcanzar los objetivos planteados.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología dio a conocer en el 2012 el último informe sobre el estado de la ciencia y tecnología en México. En él, se expresan de manera preliminar los logros obtenidos durante el presente gobierno. En su contenido se pueden observar los incrementos en áreas como becas nacionales, becas nacionales y mixtas, becas intencionales, el incremento del monto para los fondos mixtos y otros instrumentos para el financiamiento de proyectos tecnológicos, también se implementaron nuevos programas que tienen como fin el incorporar a los egresados de programas de doctorales como catedráticos en las universidades y CI.

Expectativa de la biotecnología moderna en México

En 1999, la *biotecnología moderna*²⁸ se encontraba en una etapa inicial de desarrollo y se le consideraba como un área científico-tecnológica emergente, que diversos países incorporaron al grupo de tecnologías estratégicas. El entonces Director del Instituto de Biotecnología de la UNAM, Xabier Soberón, escribió el artículo titulado “Biotecnología: Vinculación entre la Investigación Científica mexicana y el sector productivo”²⁹. En él, señalaba las circunstancias de desarrollo y posibilidades de crecimiento que desde su perspectiva se encontraba esta área en el país. Enumera algunas de las virtudes de la denominada *biotecnología moderna*, además de hacer un somero recuento de los elementos favorables con los que cuenta el país para su desarrollo. Entre estos, destaca la base científica de calidad y un grupo de empresarios innovadores, dispuestos a realizar alianzas con los Centros de Investigación (CI). También

²⁸ Es la biotecnología surgida de los avances de la ciencia biológica experimental del fin del siglo pasado, que surge de la aplicación de las técnicas de ingeniería genética, así como el sin número de metodologías y enfoques adicionales que giran en torno a esta, ver en Soberón, X. “Biotecnología: Vinculación entre la Investigación Científica Mexicana y el Sector Productivo”, *El mercado de valores*, pp. 50-59, Febrero 1999.

²⁹ *Ibidem*, Soberón, p. 50, 1999.

apunta a la necesidad de promover la vinculación en modalidades complejas como son los convenios de colaboración y desarrollo y el licenciamiento y transferencia tecnológica, esto último pensando en articular proyectos de donde surjan tecnologías de punta, al adaptar y mejorar tecnologías provenientes de patentes vencidas. Finalmente, propone una serie de acciones, que desde su perspectiva, serían necesarias para colocar a México en una posición destacada (meta que el autor considera plausible). Dichas acciones están orientadas a la concentración de recursos en áreas específicas, donde concurren Universidad, Industria y Gobierno para fomentar el arranque de una nueva cultura de innovación³⁰.

Dieciséis años después de haberse publicado el artículo de Soberón, miramos las circunstancias de la *biotecnología moderna* y reconocemos que existen avances en el área; sabemos que se ha incrementado el número de universidades que ofrecen carreras relacionadas con la biotecnología y el número de empresas en esta área, además de ser más diversificadas. Se han fundado *clusters* biotecnológicos con enfoque hacia los biomedicamentos y existe un mayor financiamiento e incentivos para los grupos de trabajo y empresas que realizan labores de investigación y desarrollo. Sin embargo, todos estos esfuerzos no han resultado en la generación de un gran número de innovaciones en el área que coloquen a México en un lugar destacado a nivel global.

Algunas de las interrogantes planteadas durante el transcurso del presente, surgen a partir del artículo de Xavier Soberón. En su artículo él plantea como interrogante central el por qué no se ha desarrollado más la biotecnología en México y ¿cuáles son las acciones para que esto suceda?... Estas interrogantes fueron el punto de partida de la presente investigación, pasó por un proceso de ajuste hasta llegar a lo que se presenta a continuación, donde utilizando la herramienta analítica correspondiente, se realiza un esfuerzo para responder las interrogantes planteadas.

2. Planteamiento del problema y preguntas centrales

El enfoque de los sistemas de innovación es una herramienta que permite el análisis de forma sistémico-funcional de las circunstancias científicas, tecnológicas y de innovación de un país, una región o un sector industrial. Este constructo teórico es utilizado para detectar las fallas funcionales de los actores que intervienen en el proceso de creación y utilización del

³⁰ *Ibidem*, Soberón, p. 59, 1999.

conocimiento *que de manera ideal se transformará en innovaciones tecnológicas y ulteriormente en el desarrollo económico y bienestar social del país.* Los sistemas de innovación tienen diferentes niveles de análisis según la agregación geográfica y contextual, siendo el Nacional el de máxima jerarquía. Este gran Sistema está formado por otros subsistemas, que pueden ser divididos por sectores tecnológicos o industriales. Estos subsistemas pueden pertenecer a áreas tecnológicas muy distantes que, sin embargo, compartirán propiedades y capacidades provenientes del Sistema de Innovación Nacional al que pertenecen.

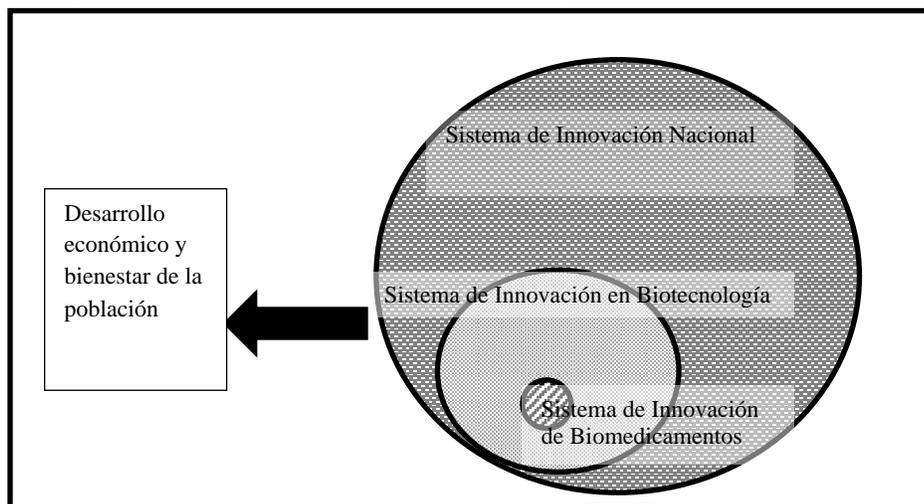
El punto de partida de este estudio consiste en determinar las causas del poco desarrollo de innovaciones en el área de la biotecnología, de la cual hemos tomado a modo de muestra los biomedicamentos (Figura 1), por lo que a los actores y elementos que participan en la generación de innovaciones de esta área los denominaremos como Sistema de Innovación de Biomedicamentos (SIBm). Pero antes debemos introducir de manera formal el concepto de sistema de innovación con el fin de precisar el elemento estudiado:

“Un Sistema de Innovación está definido como un conjunto de elementos que interactúan en la producción, difusión y uso del conocimiento. Los componentes principales de estos sistemas resultan de un conjunto heterogéneo de actores que se relacionan, e incluyen empresas, gobiernos nacionales, universidades y organizaciones transnacionales”³¹

A partir del concepto anterior surge la primera interrogante, que se centra en determinar cuáles son los actores heterogéneos que participan en la generación de innovaciones en el área de los biomedicamentos.

³¹ Ciceri, H. *Construcción de la agenda Tecnológica Mexicana desafíos impuestos por el contexto integrativo mundial de economía abierta.* . Editorial Economic Commission of Latinoamérica. United Nations. UNAM. ejemplar para la revisión discusión México D.F. pp. 40- 48, 2011.

Figura 1 Ubicación del Problema de Investigación



Fuente: Elaboración propia.

Es necesario en este punto hacer una precisión en torno al concepto de Sistema de Innovación, el cual será explicado con mayor profundidad en el capítulo 1 denominado marco teórico;

“la construcción analítica que representa el concepto SIN permite a los Administradores Públicos (AP) contar con una herramienta valiosa para diseñar e implementar la agenda y las políticas públicas relacionadas con ciencia, tecnología e innovación, al integrar en un solo esquema metodológico a todos los actores y elementos sobre los que se puede actuar.”³²

Durante la investigación se ha utilizado este concepto como parte de la estrategia metodológica para analizar a los actores y elementos que están involucrados en la generación, uso y aplicación del conocimiento que tiene como fin la producción de biomedicamentos, esto desde una perspectiva de sistema, por lo que los intereses y orientaciones de los actores son de suma importancia. Esta característica nos conduce a la siguiente interrogante: ¿Cómo

³² *Ibidem*, Ciceri, pp. 40- 48, 2011.

se relacionan los actores heterogéneos que participan en las innovaciones en el área de los biomedicamentos?

Relacionando las características de los sistemas de innovación nos preguntamos si la conducta de los actores es sistémica o se da de forma aislada, ¿Existen objetivos comunes o intencionalidades? ¿Existen políticas públicas que orienten su desarrollo? ¿Cuál es la contribución de cada uno de los actores en la construcción de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación en el área de los biomedicamentos?

Una conclusión preliminar que podemos extraer de la definición de los Sistemas de Innovación, es que entre los actores que participan en las innovaciones en el área que nos interesa, se encuentran los CI especializados en el área de la biotecnología. Este elemento es de suma importancia para el desarrollo de las innovaciones, ya que diversos autores como Sabato, Etzkowitz, Freeman, Nelson entre otros, lo mencionan como factor indispensable en el proceso de la innovación, ya que este elemento es una fuente importante de capacidades científicas y tecnológicas del sistema.

Finalmente, este sendero interrogativo y deductivo nos conduce a la interrogante central de la investigación que es la siguiente:

¿Cuál es el rol de los institutos de investigación en la generación de innovaciones en el área de los biomedicamentos y cuáles son las capacidades con las que contribuyen a la construcción del sistema de innovación de biomedicamentos?

Esto nos lleva a indagar y establecer las capacidades de Investigación, desarrollo e innovación (I&D+i) de los centros de investigación y las relaciones que guarda con los principales actores del sistema.

3. Estrategia y metodología de la investigación

La investigación tiene como fundamento el constructo teórico–conceptual denominado Sistemas de Innovación Específicos y redes tecno-económicas, conceptos que sirvieron como marco teórico para la investigación a partir de los cuales se generó la hipótesis de trabajo, la cual ayudó a delimitar el alcance del trabajo y direccionar la investigación bibliográfica.

La primera exploración bibliográfica se utilizó para acumular la mayor información posible sobre los sistemas de innovación específicos, para lo cual se recurrió a fuentes de información primarias (artículos y libros).

La segunda exploración bibliográfica tuvo como objetivo obtener información para comprobar la hipótesis de trabajo y la principal fuente de información fueron los informes oficiales de labores de los institutos además de otras fuentes de información primarias como (libros, revistas, tesis, material electrónico, entre otros.) las cuales fueron seleccionadas cuidadosamente de las bases de datos disponibles. Para su localización se utilizaron palabras claves como los nombres de los institutos y biomedicamentos.

Adicionalmente y con el fin de ampliar la información del tema, sobre todo de aquellos puntos de los cuales no se obtuvo información bibliográfica suficiente, se utilizó como fuente de información empírica, entrevistas, las cuales fueron dirigidas a personal de los centros de investigación que laboran en el área dedicada a la transferencia tecnológica, investigadores con proyectos en el área y personal de empresas productoras de biomedicamentos. Las entrevistas fueron tratadas como testimoniales.

A partir del cúmulo de información seleccionada y analizada se determinaron las características generales y más relevantes de los Centros de Investigación, las capacidades de cada uno de los institutos de investigación y cuáles son relevantes para la construcción del Sistema de Innovación de Biomedicamentos. Finalmente se mapeó y caracterizó el sistema (rasgos predominantes) a partir de las relaciones halladas en él. A continuación se detallan los elementos que son parte de la estrategia seguida por la presente investigación.

A. Selección del problema de investigación

En ésta primera fase, en reuniones con el tutor se realizaron acercamientos al tema que consistieron en considerar la actualidad de los medicamentos producidos mediante de la *biotecnología moderna* y su importancia para el tratamiento de padecimientos complejos. Posteriormente mediante una revisión inicial de la literatura se generaron las ideas centrales del problema. Finalmente, haciendo converger lo anterior con la línea de investigación del tutor, se ubicó el problema en el Sistema de Innovación de Biomedicamentos (SIBm).

B. Objetivo de la investigación

El objetivo principal es determinar el rol de los CI en la construcción de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación en el área de los biomedicamentos y determinar las fallas funcionales que entorpecen una actuación sistémica con el resto de los elementos del SIBm.

C. Marco teórico

Las dos teorizaciones principales que han servido como marco teórico para dar sustento a la hipótesis de trabajo que se plantea más adelante, son: los sistemas de innovación tecnológica específicos y las redes tecno-económicas. Sin embargo, para entender dichos constructos teóricos es necesario un *background* conceptual que incluye innovación, gestión, aprendizaje, competitividad, etc.

D. Estructura de la investigación

El reporte de la investigación está integrado por seis apartados: en el actual, denominado presentación, se introduce el problema y sus generalidades, las principales preguntas a resolver durante la investigación y la hipótesis de trabajo planteada.

En el capítulo 1 se ofrece el marco conceptual y teórico correspondiente que constituye la herramienta principal para el análisis, en dicho capítulo se presentan conceptos básicos de la gestión tecnológica necesarios para abordar las dos principales teorizaciones utilizadas en la investigación.

En los capítulos 2 y 3 se ofrece la información recolectada durante la investigación. El capítulo 4 denominado: “Elementos para el diagnóstico” se da respuesta a las preguntas planteadas en el primer apartado. Finalmente en el capítulo 5 se exponen las conclusiones de la investigación y las propuestas para la solución del problema planteado.

4. Hipótesis de trabajo

La hipótesis de trabajo que a continuación se presenta fue construida a partir de la información teórica proporcionada, principalmente por la teorización de los Sistemas de Innovación y nutrida con elementos empíricos que han sido valiosos para entender la dinámica generada entre los elementos del SIBm. La hipótesis tiene como objetivo dirigir y enfocar la

investigación y brindarnos elementos para realizar un análisis correcto y se encuentra vinculada a las interrogantes planteadas en la definición del problema.

La hipótesis de trabajo cuenta con dos propiedades (variables independientes que se pretenden probar) que explican por qué hay un déficit de innovaciones en el área de los biomedicamentos:

La generación de innovaciones en el área de los biomedicamentos es incipiente³³ debido a que:

h₁: no existe concentración de los recursos ni políticas públicas o programas específicos para el desarrollo de biomedicamentos.

Los indicadores utilizados para la probar ésta variable son la presencia o ausencia de programas de apoyo y financiamiento, asignaciones directas de recursos a centros de investigación o grupos de investigadores o programas fiscales para empresas que se dediquen a el desarrollo de proyectos en el área de los biomedicamentos y la generación de masas críticas de investigadores del área.

h₂: Los Centros de Investigación (CI) carecen de una estrategia orientada hacia el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica que incluya la participación de las empresas, lo cual es un indicativo de una ausencia de actuación sistémica por parte de los actores.

Para determinar la aplicabilidad de esta variable se tomarán en cuenta todos elementos que representan un indicativo del comportamiento y actitud de cooperación con otros actores que participan en el desarrollo de biomedicamentos. Estos indicios pueden ser programas institucionales, proyectos en conjunto con otros actores y principalmente empresas, presupuesto destinado a las interfaces, e incluso las características organizacionales de los

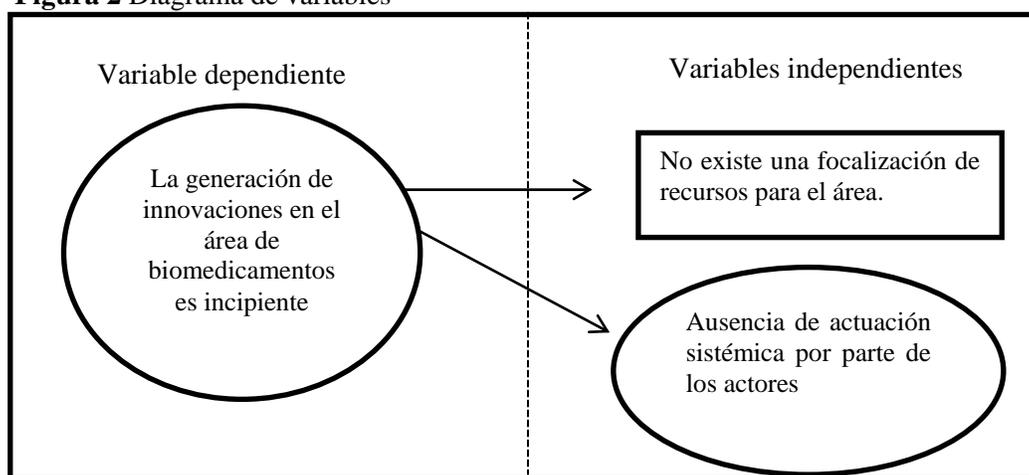
³³ La Real academia de la lengua Española define incipiente como un adjetivo que se le otorga a algo que empieza. En el análisis preliminar se observó que hay un limitado número de proyectos desarrollados en los centros de investigación en el área de los biomedicamentos adicionalmente las empresas mexicanas dedicadas a esta rama de la farmacéutica son escasas y son aún menos aquellas que realizan actividades de investigación y desarrollo. En el país existen 3 empresas dedicadas a la producción de medicamentos biológicos y biotecnológicos, de la cuales el menos del 10% realizan actividades de investigación y desarrollo.

mismos (misión y objetivos). Además del presupuesto proveniente de las actividades de vinculación con el sector productivo y el número de proyectos en esta materia.

5. Diagrama de variables

Para facilitar la comprensión de la hipótesis planteada se ha generado a partir de ella un diagrama de variables en el cual se ilustran las propiedades de forma concisa.

Figura 2 Diagrama de variables



Fuente: Elaboración propia.

La hipótesis de trabajo (figura 2) muestra la dirección hacia donde se ha decidido encaminar la investigación, la cual está relacionada con la teoría de los Sistemas de Innovación y las redes *tecno-económicas* y como se mencionó, algunos elementos empíricos. La investigación tiene como objetivo analizar las capacidades científicas, tecnológicas, de absorción y de innovación de los CI y como éstas contribuyen al SIBm.

6. Importancia de la investigación y tipo de investigación

Determinar cuáles son los factores que limitan el desarrollo endógeno de los biomedicamentos a través del análisis de los sistemas de innovación, proporciona una perspectiva más amplia de

los elementos que se tienen y sobre los cuales se puede incidir para promover el desarrollo de innovaciones a través de políticas gubernamentales más acorde con los objetivos.

El concepto de *Sistema de Innovación Específico* ha sido poco explorado en el área de las tecnologías emergentes, y analizar la situación problemática desde un enfoque diferente puede coadyuvar al fortalecimiento del mismo, es importante destacar como aportación el mapeo realizado de Sistema que se analiza, puede ser referencia para futuras investigaciones que traten de evaluar el Sistema de Innovación completo y no solo algunos elementos como se hará en la presente investigación, en la cual nos enfocaremos en los CI únicamente.

El diseño de la investigación es importante para determinar cómo se abordará el problema planteado y qué componentes integrarán la metodología. Existen tres principales tipos de diseños de investigación: exploratorios, experimentales y descriptivos, el presente se clasifica como exploratorio, y tienen como propósito explorar las características y circunstancias de ciertos elementos (Centros de investigación) del SIBm así como la identificación de la dinámica que se observa con el resto de los actores.

En los diseños de investigaciones descriptivas existe una clasificación adicional que comprende las investigaciones longitudinales que se caracterizan por el estudio a través del tiempo del fenómeno a estudiar, y las *transversales* o *transeccionales*³⁴ que se enfocan en la medición y estudio de un evento en un único momento de tiempo, a este tipo de investigación también se le denomina coyuntural. La presente es de este último grupo, por lo que la investigación tiene como objetivo de estudio los actores y elementos de SIBm al tiempo presente. Para cumplir con este propósito se realizará un estudio basado en la recolección de datos de situación existentes en el presente, es decir, las variables dependientes están basadas en hechos que ya han ocurrido y que por lo tanto no se puede tener control alguno sobre ellas.

Podemos clasificar la investigación como un *estudio de profundidad*, esto debido al tipo de resultados que deseamos obtener y las herramientas empíricas utilizadas, en este caso,

³⁴ Se entiende por estudios transaccionales o transversales cuando la unidad de análisis es observada en un solo punto en el tiempo. Se utilizan en investigaciones con objetivos de tipo exploratorio o descriptivo para el análisis de la interacción de las variables en un tiempo específico en Guzmán Cervantes I. *Análisis de Estrategias desarrolladas por las empresas transnacionales y su impacto en la industria farmacéutica nacional*. Tesis de maestría. Facultad de Química, UNAM, 2011.

entrevistas, las cuales alternan preguntas abiertas y cerradas con el fin de guiar al entrevistado pero permitiendo profundizar en el tema, este tipo de entrevistas son de tipo orientativo.

Finalmente, se ha elegido a los biomedicamentos como objeto de estudio debido a que estos ofrecen una alternativa en el tratamiento de enfermedades complejas como son diferentes tipos de cáncer, Alzheimer, Parkinson, enfermedades cardíacas y diabetes tipo II, entre otras. Este tipo de fármacos son diseñados a partir de las deficiencias encontradas en sustancias (moléculas, hormonas, etc.) dentro de las células por lo que tienen un alto grado de especificidad en los sitios de acción terapéutica. Varios artículos los sitúan como el futuro de la medicina, tomando en cuenta la creciente tendencia de desarrollo de biomedicamentos por las empresas farmacéuticas de todo el mundo.

Tomando en cuenta los avances del conocimiento del genoma humano y de las diferencias genéticas poblacionales consideramos importante contribuir al diseño de las estrategias y políticas públicas enfocadas al desarrollo de este tipo de fármacos en el marco de la construcción de la agenda tecnológica mexicana, ya que esto puede favorecer, a la larga, la incorporación de empresas farmacéuticas nacionales e internacionales a proyectos tecnológicos que tengan como fin el desarrollo de biomedicamentos para el tratamiento de enfermedades endémicas de la población mexicana.

Capítulo 1 Marco teórico

En el presente, se exponen los elementos teóricos y conceptuales que construyen el andamiaje necesario para la investigación, iniciando con la introducción de conceptos básicos como son innovación, tecnología y sistema; posteriormente se abordará con mayor profundidad la teorización de los sistemas de innovación, incluyendo los componentes fundamentales, características y funciones y enfatizando lo relativo a los sistemas de innovación específicos, información que nos ayudará a entender las particularidades de sector científico-tecnológico del cual nos ocupamos en esta investigación. Finalmente se expondrá el concepto de *redes tecno-económicas*. Este último se ha elegido como un elemento complementario a los sistemas de innovación, que en conjunto nos proporcionan los elementos adecuados que nos permitirán realizar un análisis más preciso.

Los sistemas de innovación tecnológica (SIT) tienen una relación estrecha con el crecimiento económico, según la tradición *Schumpeteriana*¹, el crecimiento económico de un país o región está directamente relacionado con la tasa de innovación tecnológica. Los países que han experimentado un crecimiento económico importante, han modificado sus aparatos productivos, en los cuales se hace uso de tecnologías más eficientes en sus procesos, al mismo tiempo que incrementan la variedad de sus productos².

Michael Callon introdujo el concepto de *redes tecno-económicas* y las define como la interacción de actores heterogéneos los cuales pueden ser humanos y no humanos (patentes, libros, capital en todas sus formas, etc.) y propone un análisis de la generación o modificación de la tecnología (procesos o productos) por medio de la incorporación de nuevos elementos por parte de los *usuarios*.

1.1 Innovación y otros conceptos básicos

Existe un número muy diverso de definiciones del término *innovación*, por ejemplo: la creación de productos, servicios y procesos, nuevos o mejorados, que favorecen la competitividad de las empresas e incrementan el nivel de vida de los individuos³; otra

¹ Se le denomina *Schumpeteriana* por que se deriva de las propuestas económicas para el análisis del desarrollo tecnológico por el economista Austro-americano Joseph Schumpeter.

² Carlsson, B & Stankiewicz R. "On the nature, Function and Composition of Technological Systems", *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), pp. 93-118.

³ *Ibidem*, OCDE, Manual de Oslo, 2006.

definición encontrada es la que define la innovación como la introducción de una técnica, producto o proceso de producción o servicio nuevos; es un proceso que con frecuencia es seguido de un proceso de difusión⁴. A partir de las anteriores y algunas otras definiciones consultadas podemos realizar algunas aseveraciones, en primer lugar la innovación es una actividad que es realizada por las organizaciones y se distinguen cuatro tipos; innovaciones de producto, innovaciones de proceso (método de producción), innovaciones de mercadotecnia e innovación organizativa⁵.

Una característica esencial de la innovación es su *introducción al mercado de forma exitosa*, proceso que distingue la *innovación* de la *invención*; esta última es definida como el descubrimiento o diseño de un producto, proceso o sistema nuevo⁶, *las invenciones no son necesariamente introducidas en el mercado*, pero es preciso el contar con la información técnica necesaria para la integración de un paquete tecnológico. Es decir, la *invención* es usualmente una etapa de desarrollo tecnológico en la que una idea ha avanzado lo suficiente para para dibujar planos, construir un modelo de trabajo o en alguna forma determinar la factibilidad técnica; esta es la etapa en la cual las invenciones son normalmente patentables^{7,8}.

Es importante hacer una distinción entre innovación técnica(o simplemente innovación) e innovación tecnológica; en el primer caso como ya se mencionó, la expresión describe la introducción y difusión de productos y procesos nuevos y mejorados en la economía⁹ y el segundo concepto describe los avances en el conocimiento¹⁰. Como vimos anteriormente existen diferentes tipos de innovaciones y la innovación tecnológica engloba a un grupo, el cual incluye técnicas, productos y procesos de producción. Es importante puntualizar que las

⁴ Freeman C. *La Teoría Económica de la Innovación Industrial*. Alianza Universidad (España), pp. 22. 1964

⁵ *Ibidem*, OCDE, Manual de Oslo, pp. 58, 2006.

⁶ *Ibidem*, Freeman, 1964.

⁷ Se dice que una invención es susceptible de patentabilidad cuando cumple con los criterios de novedad requeridos en la norma de propiedad industrial.

⁸ Ciceri, H, *Manual para la elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Coordinación de Ingeniería en sistemas, Programa de Posgrado en Ingeniería, segunda edición, pp. 51-81, 2007.

⁹ *Ibidem*, OCDE, Manual de Oslo, 2006.

¹⁰ *Ibidem*, Ciceri, pp. 51-81, 2007.

innovaciones tecnológicas son resultado del conjunto de *actividades de innovación* que la empresa realiza.

Las actividades de innovación incluyen a la *investigación científica* que puede dividirse en dos grupos: la *investigación básica o fundamental* que es la actividad o grupo de actividades orientadas a generar nuevo conocimiento sistemático (científico), innovaciones en el campo de la ciencia y sin aplicación práctica inmediata a la producción de bienes y servicios¹¹. Y el segundo tipo el cual está estrechamente relacionado con las innovaciones que se ha definido como *investigación tecnológica* (o llamada tradicionalmente investigación aplicada y desarrollo experimental), la cual está orientada a la generación de un nuevo conocimiento técnico que puede ser aplicado directamente a la producción de bienes y servicios¹².

Es importante puntualizar que ambas actividades son relevantes para el desarrollo tecnológico, se puede decir que la investigación básica representa las semillas para desarrollos tecnológicos posteriores. Actualmente en las llamadas nuevas áreas científicas y tecnológicas como la biotecnología, la genética, la bioinformática y la robótica entre otras, se observa una disminución de la distancia entre estos dos grupos de actividades científicas.

El desarrollo exitoso de actividades científicas y tecnológicas, tiene impacto directo en la independencia tecnológica (por ende en la economía de un país) por lo que es necesaria la gestión de estas actividades en las empresas y los centros de investigación (CI), ya que son estas organizaciones las que generan y participan de forma directa en el surgimiento de las *invenciones* y las *innovaciones tecnológicas*.

Otro concepto de relevancia utilizado en la investigación es la vinculación universidad-industria, la cual podemos definir como el conjunto de interacciones y relaciones, recursos, redes de colaboración y actividades científicas y tecnológicas entre las unidades académicas universitarias y las empresas, con el fin de promover, articular y materializar procesos de innovación¹³.

¹¹ OCDE. Manual de Frascati. Propuesta de norma práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental. 2002.

¹² *Ibidem*, Ciceri, pp. 51-81, 2007.

¹³ Medellín, E. & Flores, R. *Vinculación para la innovación : reflexiones y experiencias*, México, D.F. Fundación Educación Superior-Empresa, ANUIES, 2012

La vinculación universidad-industria fue vista durante muchos años como el cimiento fundamental de la innovación, pero a partir de la década de los setentas del siglo pasado, fue ampliada, al incorporar un nuevo actor (el Gobierno) a esta visión. Sabato en 1968, mencionó por primera vez los tres elementos necesarios para la generación de ciencia y tecnología (Universidad-Industria-Gobierno), caracterizó las relaciones que existen entre ellos (relaciones horizontales y verticales) y señaló la importancia de cooperación de los tres actores para superar el estancamiento económico en el que se encontraba América Latina¹⁴. Etzkowitz¹⁵ años después (1995), definió la llamada triple hélice (Universidad-Industria- Gobierno) en donde de igual forma se contempla la participación de tres esferas o ámbitos, como un imprescindible para la generación de la innovación y el progreso tecnológico.

1.2 El concepto de co-evolución

Desde el nacimiento de la teoría de la innovación se han colocado como elemento central a las empresas, debido a que son estas las que tienen la capacidad de incorporar las invenciones a la cadena productiva (introducción en el mercado) y convertirlas en innovaciones. Posteriormente con el surgimiento de teorizaciones como la del SIT, redes *tecno-económicas*, la triple hélice, etc., se han identificado otros actores que también participan en el proceso de innovación y del desarrollo tecnológico, y se ha observado que estos actores actúan *sinérgicamente*, adaptándose a las necesidades de los otros, es decir, *co-evolucionan*:

[...]...cada una de las partes al interactuar produce diversas afectaciones que determinan una relación co-evolutiva, es decir que afecta su evolución normal, como si la otra parte no existiera. Es importante destacar que la influencia de cada parte es *selectiva* y fuerza a la otra a co-evolucionar, es decir la Coevolución posibilita *sinergias* las cuales no serían posibles sin la mutua influencia de las partes. Se produce pues un cambio evolutivo recíproco que acontece en especies interactuantes y está medido por la selección natural¹⁶.

¹⁴ *Ibidem*, Sabato 1968.

¹⁵ Etzkowitz, H. & Leydesdorff L. "The triple helix: university-industry-government relations; a laboratory for knowledge based Economic development", *EASST Review 14*, Amsterdam 1995.

¹⁶ *Ibidem*, Ciceri, pp. 27-28, 2011.

El concepto de co-evolución que proviene de la biología, ha sido introducido en las ciencias sociales y particularmente en la economía evolutiva¹⁷, y a partir de él, se han construido diferentes modelos, uno de ellos relacionado con la corriente que estudia la evolución de la tecnología, las instituciones y la estructura de la industria en respuesta a los cambios en las condiciones económicas, presiones e incentivos¹⁸. Nelson en sus trabajos al respecto, destaca la evolución de las instituciones que se van adaptando de acuerdo con los cambios tecnológicos. Las modificaciones se generan en las instituciones gubernamentales a partir de los intentos estratégicos por parte de los grupos empresariales y grupos interesados que hacen *lobby* buscando protección (mediante regulaciones) para la competitividad del sector¹⁹. También se puede observar este fenómeno en entre el sector industrial y los centros de investigación (CI). *Las empresas dirigen y modifican las líneas de investigación al recibir incentivos económicos por parte de estas, los centros de investigación se adaptan a las necesidades de los sectores industriales al incorporar la prestación de servicios (como asesoría técnica) a sus actividades cotidianas.*

1.3 La gestión tecnológica

Actualmente las empresas no adquieren su valía únicamente por los bienes de capital con los que cuentan, existen *bienes intangibles*²⁰ que le agregan valor, de los más importantes podemos señalar los relacionados con la tecnología, estos elementos cada día son más complejos de gestionar debido a la suma de variables relacionadas con el mercado, finanzas, el avance tecnológico, elementos contables, etc.; por lo que se requiere de gestores tecnológicos que realicen las funciones concernientes a los bienes intangibles y todas las actividades de planificación, adquisitivas, administrativas y de desarrollo tecnológico²¹.

El instituto Mexicano de Normalización y Certificación ha emitido un grupo de normas no obligatorias sobre Gestión Tecnológica que son las siguientes:

¹⁷ *Ibidem*, Ciceri, p. 27, 2011.

¹⁸ Nelson R. “The eco-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions”. *Industrial and Corporate Change*, 3(1), pp.47-63, 1994.

¹⁹ *Ibidem*, Ciceri, p. 27, 2011.

²⁰ Otros activos intangibles lo constituyen las marcas, el capital humano y lo relacionado con el conocimiento que adquieren a través de la capacitación.

²¹ *Ibidem*, Ciceri, pp. 51-81, 2007.

1. Sistema de Gestión de la Tecnología. Terminología (GT-001-IMMC-2007). Esta norma describe los principales términos que homologan los conceptos de Gestión de la Tecnología
2. Gestión de la Tecnología-Proyectos Tecnológicos (GT-002IMMC-2008). Esta norma tiene como objetivo facilitar la caracterización de proyectos de I&D, el desarrollo de registros y controles de cada proyecto y la aplicación de resultados.
3. Sistema de Gestión de la Tecnología. Requisitos (GT003- IMMC-2008) propone un modelo aplicable a todo tipo de empresa o centro de investigación.
4. Directrices para la auditoria a los sistemas de Gestión de la Tecnología (GT-0005-IMMC-2008). Facilitar la certificación y la evaluación objetiva de los modelos de Gestión Tecnológica de las empresas.
5. Directrices para la implementación de un proceso de vigilancia tecnológica (GT-004-IMMC-2012).

Las normas son conocidas y útiles para aquellas empresas u organismos, que deseen obtener financiamiento en organismos públicos o privados, ya que se busca orientar a los solicitantes en la terminología²² y el proceso a seguir para que ésta sea homogénea y contar además con criterios coherentes para su evaluación. También es útil como guía para aquellas organizaciones empresariales o CI que deseen organizar procesos de Gestión Tecnológica; sin embargo, no son de interés para esta investigación ya que ésta tiene otro propósito que no está en el ámbito empresarial, y transcurre en el *meso* y *macro* nivel, es decir de los Sistemas de Innovación Nacional, Regional y Específico. Para detectar debilidades en ese entramado estructural en el que intervienen diversos actores, con conductas que responden a *distintos incentivos* muy lejanos a los ambientes empresariales (micro). Por ejemplo, las problemáticas relacionadas con la planeación de capacidades científicas y tecnológicas no pueden ser abordadas por las técnicas clásicas puesto que, estas son propias de una organización empresarial y donde las relaciones de tipo vertical son las que predominan. En el caso de la planeación científica y tecnológica es fundamentalmente consensuada y se abordan desde la

²² Las definiciones de la norma son introductorias. Para entender de forma amplia la gestión tecnológica es necesario recurrir a otras fuentes de información, ya que la información que presentan respecto de los conceptos se encuentra desactualizada, además de la ausencia de algunos términos importantes como son capacidades, aprendizaje tecnológico, entre otras.

perspectiva de las políticas públicas que es su el ámbito natural.

1.4 Teoría de los sistemas

La teoría de los sistemas se le atribuye al biólogo Austriaco, Karl Ludwing Von Bertalanffy, quien en 1945 fundó una organización para el estudio de los fenómenos naturales y sociales a partir del enfoque de sistemas. La perspectiva de dicha teoría surge en respuesta al agotamiento y la inaplicabilidad de los enfoques analítico-reduccionistas y sus principios mecánico-causales²³ a los fenómenos mencionados. Esta teoría tiene como virtud la integración de los componentes, tomando en cuenta sus atributos, las relaciones que se llevan a cabo entre los elementos, la estructura, y la función de los mismos.

La teoría planteaba que un sistema debe contar con determinadas propiedades, la primera de ellas es el *objetivo del sistema*, cada elemento cuenta con un objetivo o propósito particular, pero este debe armonizar con el propósito u objetivo del sistema, el cual debe estar por encima de los objetivos individuales. El objetivo general de los sistemas de innovación es la generación de innovaciones. La segunda propiedad de los sistemas es la *sinergia*, un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema. Este concepto responde al postulado aristotélico que dice que “el todo no es igual a la suma de sus partes”²⁴. Los dos conceptos anteriores están estrechamente vinculados por lo que para medir la sinergia de un sistema, es necesario el entender el propósito del mismo.

Otra propiedad relevante es la *centralidad*, la cual explica que en un sistema centralizado, una parte o subsistema juega un rol dominante en su funcionamiento. Esta parte se denomina conducente y es alrededor de la cual el sistema está centralizado.

La teoría de los sistemas propone una categorización analítica entre dos tipos de sistemas, los cerrados, que son aquellos en los que no existe intercambio con el ambiente y los abiertos en los que sí existe flujo o intercambio. Los productos intercambiados pueden tener diferente naturaleza por ejemplo: energéticos, informáticos o materiales. Los sistemas de innovación por lo tanto son sistemas abiertos, ya que existe un alto grado de intercambio de productos con

²³ Arnold & Rodríguez. "Teoría de Sistemas, Nuevos Paradigmas: Enfoque de Niklas Luhmann", *Revista Paraguaya de Sociología*, Año 26, N°75, pp. 51-72, Mayo-Agosto, 1989.

²⁴ Arnold M. & Osorio, F. “Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas”, *Cinta de Moebio*, núm. 3, Universidad de Chile, 1998.

el exterior, cada uno de los elementos que lo estructuran está altamente influenciado por el *medio* aun cuando este se limite a un área tecnológica.

1.5 Sistema de Innovación Tecnológica

Antes de 1980 la teoría prevaleciente que explicaba el proceso de innovación, contaba con una trayectoria lineal que iniciaba con el conocimiento generado a partir de la investigación básica en los CI y universidades principalmente, después era retomado por instituciones o empresas intermediarias para realizar la investigación aplicada y el desarrollo y finalmente las empresas que lo convertirían en un producto o proceso exitoso en el mercado, es decir una innovación. De esta teoría surgieron dos modelos: *demand pull* y el *technology push*.

En contraste, la teorización del sistema de innovación (1982) propuso una serie de interacciones (redes) entre elementos heterogéneos que contribuyen con su conocimiento y necesidades para el desarrollo de tecnología expresado en productos y procesos. Este concepto se ha convertido en una herramienta útil para la evaluación y comparación del desarrollo tecnológico en los países o regiones, pero no se puede considerar como una teoría aún, ya que no es capaz de explicar procesos²⁵ que intervienen, ni de predecir el resultado de las actividades del sistema.

Freeman define el sistema de innovación como el conjunto de elementos que interactúan en la producción, uso y difusión del conocimiento²⁶, dichos elementos son diversos y heterogéneos. Entre ellos se encuentran universidades, CI, empresas, gobiernos y corporaciones transnacionales; también se contempla como parte del sistema a las relaciones generadas entre los actores, actividades y procesos; la co-evolución es una actividad o tipo de relación que debe ser contemplada por los diseñadores de políticas (policy makers) y los investigadores cuando se utiliza como herramienta de planificación y análisis a los SIT.

²⁵ Carlsson, B & Stankiewicz R. “On the nature, Function and Composition of Technological Systems” *Journal of Evolutionary Economics*, 1(2), pp. 93-118.

²⁶ Edquist, C. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London and Washington: Pinter, 1997; Lundvall, B. A. “Innovation and as an Interactive Process – from User-Producer Interaction to National Systems of Innovation”, in Dosi G. & et al (Eds), *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, 1988; Nelson, R. *National System of Innovation: Case studies*. Oxford: Oxford University Press. 1993.

Una característica importante de los sistemas de innovación es que no son estáticos, es decir que cambian a través del tiempo, esto está estrechamente relacionado con la evolución de los elementos que lo conforman, por ejemplo el sector industrial que tiene un ciclo de vida evolutivo al igual que la tecnología, que inicia con el desarrollo de una innovación la cual tiene un punto máximo de éxito en el mercado, para después ser sustituida por una nueva, es decir, nace, crece y muere.

Es importante mencionar que los sistemas de innovación cuentan con diferentes niveles de análisis según su agregación geográfica y contextual, siendo el nacional el de mayor jerarquía. Dentro del SIN podemos identificar otros sistemas (subsistemas) por ejemplo: los sistemas de innovación regional, sectoriales y específicos. Durante la presente investigación nos enfocaremos en el primero y el último (el Sistema de Innovación Nacional y un sistema de innovación específico).

1.6 Sistema de Innovación Nacional

El adjetivo Nacional le confiere al enfoque del sistema de innovación alcances superiores, como lo referente a la estructura económica e institucional que afectan el aprendizaje, la búsqueda y la exploración del sistema de producción, el mercado y el sistema financiero²⁷. En este sentido la importancia del análisis de las interacciones y los actores que las generan, radica en que a partir de este se pueden proponer políticas y acciones de forma integrada.

Por lo tanto, se puede definir el Sistema de Innovación Nacional (SIN) como una red de instituciones, recursos, interacciones y relaciones, mecanismos de instrumentos de políticas y actividades científicas y tecnológicas, que promueven, articulan y materializan los procesos de innovación y difusión tecnológica en la sociedad (generación, importación adaptación y difusión de tecnologías)²⁸.

Es importante destacar que cada SIN cuenta con características específicas que dependen de la idiosincrasia, circunstancias económicas y financieras del país entre otras, por lo cual no se puede hablar de un modelo ideal.

²⁷ *Ibidem*, Ciceri, p.33, 2011.

²⁸ *Ibidem*, Ciceri, pp. 51-81, 2007.

1.7 Sistemas de Innovación Específicos

En este nivel se analiza la evolución de tecnologías específicas, como la biotecnología, que encuentran aplicación en diferentes industrias como son la farmacéutica, la alimentaria y la agricultura. Este tipo de tecnologías especializadas tienen una tasa de desarrollo tecnológica diferente del resto. La evolución y dinámica de tecnologías y de aquellas con las que compiten son el centro de atención para el análisis de los sistemas tecnológicos²⁹, además de la interacción del SIT con el Sistema de Innovación Nacional y Sistema de innovación Regional. Es importante mencionar que en este tipo de análisis, se observa un traslape de los diferentes niveles del sistema de innovación, este es un factor clave para el análisis.

El análisis de las tecnologías utilizando el enfoque de los sistemas de innovación ha sido poco utilizado en América Latina³⁰, pero en los países que han sido utilizados, por ejemplo Brasil, ha demostrado ser exitoso, contribuyendo a la creación de una agenda tecnológica y políticas públicas adecuadas que han orientado el desarrollo tecnológico del país en cuestión.

1.8 Redes Tecno-económicas

El análisis de las TENs es una herramienta útil para estudiar el estado de la ciencia y tecnología a partir de las interacciones y actores que las generan. Para introducirnos en este concepto primero daremos la definición de *Michael Callon* de red tecno-económica:

“Una red tecno-económica (TEN) es un conjunto coordinado de actores heterogéneos: que pueden tener características dispares, incluso objetivos encontrados, intereses en conflicto tales como laboratorios públicos, centros de investigación técnica, empresas, organismos financieros, usuarios, y poderes públicos que participan colectivamente en la concepción, elaboración, producción

²⁹ Carlsson, B. “Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues”, *Research Policy*, vol. 31, n. 2, pp. 233-245, 2002.

³⁰ Kurumato, J. “Sistemas de innovación tecnológica”. <http://www.politicascsti.net/index>. [Consultado 25 de noviembre del 2013].

y distribución de procedimientos de producción, bienes y servicios, algunos de los cuales dan lugar a una transacción mercantil”³¹.

Para entender mejor el concepto de red tecno-económica, primero precisaremos el concepto de *Intermediario*, que es entendido como el mecanismo por el que se inicia o establece una relación entre dos actores, y según Callon, existen cuatro categorías de intermediarios los cuales son:

- No humanos, información, documentos, artículos patentes, cartas etc.
- Artefactos tecnológicos, que pueden ser instrumentos científicos, maquinas, robots bienes consumibles, etc.)
- Seres humanos y sus habilidades
- Capital en todas sus formas como crédito financiero por ejemplo.

Puede haber mezclas o variaciones de estos tipos de intermediarios a los cuales se les denomina *híbridos*. A partir de los *intermediarios* se establecen relaciones entre los *actores* y son estas las que mantiene la red, es decir, las interacciones son el elemento fundamental para las TENS.

El *actor*, es elemento que toma un *intermediario* y lo modifica según sus necesidades y objetivos, una vez transformado el intermediario, está listo para que otro actor lo tome y haga lo propio. Los actores pueden ser de diferente naturaleza y no necesariamente están limitados a un país o región, pueden ser autoridades gubernamentales, empresas, universidades, laboratorios de investigación o empresas transnacionales. El flujo de los intermediarios es multisentido, por lo que un mismo actor puede ser quien produzca y reciba al intermediario.

Un actor al realizar las acciones de transformación del intermediario busca relacionarse con otros actores y entonces inicia el proceso denominado *traducción*. Callon propone que una *traducción* es la actividad que un actor espera lleven a cabo otros actores a partir de la

³¹ Callon, M. “Techno-economic Network and Science and Technology Policy”, *Science Technology Industry Review*, No. 14, Organization for Economics Co-operation and Develop, p.66, Paris 1994.

transformación del intermediario. Las traducciones pueden considerarse exitosas si existen otros actores que las efectúen y se puede medir según el nivel del alcance de las mismas, es decir, de acuerdo con la cantidad de puntos de convergencia con actores que retomen el intermediario y la influencia que generen. Un ejemplo ilustrativo es cuando un científico toma información (artículos de investigación, libros, tesis, reportes, etc.) que será el intermediario y los utiliza para transformarlo en otros elementos como pueden ser también libros, artículos de investigación, tesis reportes etc.

Otro concepto fundamental para entender las TENs son los polos, que son la forma en la que se organizan según las características de los productos de los actores. Existen tres polos principales que son el Polo de la ciencia (polo S) caracterizado por proveer de productos científicos como pueden ser conocimiento y que puede ser no humano, como artículos científicos y humanos como son las habilidades y el conocimiento que puede tener adquirir una persona. El segundo polo es el polo tecnológico (polo T), este es el encargado de tomar la producción científica y transformarlo en un aparato tecnológico o cualquier variante que signifique un producto o servicio; y los productos también pueden ser humanos o no humanos. El último polo es el polo del mercado (polo M), el cual estructura y organiza la demanda. Adicionalmente existen otros dos polos que son la transición entre los tres anteriores el primero es el polo científico-tecnológico (polo ST) y el segundo es el polo tecnológico-mercado (polo TM).

El análisis de las TENs puede realizarse desde cada uno de los polos (y/o los polos de intersección), a partir de los resultados podemos definir dos tipos de TENs: *completas e incompletas*.

Callon recomienda una estrategia diferente para el análisis de cada polo, debido a que cada polo tiene características diferentes; por ejemplo para el análisis del polo S los artículos científicos son un elemento fundamental, mientras que para el polo T el equivalente serían las patentes.

Para la caracterización de las TENs es importante definir el tema o temas centrales sobre los que se hará el análisis y a partir de ellos recoger toda la información posible para poder

llegar a tener elementos explicativos de la situación de la TEN (o el segmento de ella) que se está estudiando.

Al analizar el polo S también será importante obtener información del tipo de investigación que realizan los actores que pertenecen a dicho polo. La investigación básica³² nos dará una idea de la relación existente entre el polo M (el cual determina la demanda) y el polo S.

Para el análisis de polo M se requiere de grandes esfuerzos y Callon recomienda evaluar los siguientes aspectos:

- La segmentación del mercado
- La independencia de los usuarios y la capacidad de independizarse de los productores
- La forma de organización de los usuarios
- El grado de activismo por parte de los usuarios

Si se realizará un análisis del polo M de la red tecno-económica de los biomedicamentos nos daría información importante sobre los incentivos para la innovación en esta área, sin embargo el objeto de estudio del presente trabajo no abarcará este polo, pero podrá servir para investigaciones futuras.

1.9 La importancia de la aproximación de las TENs en las políticas científicas y tecnológicas

Como se mencionó, una de las aplicaciones del estudio de las TENs es determinar el estado de la ciencia y la tecnología por medio de un análisis morfológico que nos lleve a encontrar las fallas o puntos débiles de la red y el análisis debe contemplar la actuación del gobierno ya que es fundamental para la creación y fortalecimiento de las redes. En su artículo Callon señala lo siguiente:

³² *Ibidem*, Callon, p. 103, 1994.

“El papel de la política de ciencia y tecnología, en sus aplicaciones concretas, es contribuir al desarrollo de la información básica, para fortalecer las redes existentes, reforzando sus puntos débiles, para fomentar las redes en áreas donde no existen y/o darles las externalidades que van a favorecer su desarrollo.”³³

En muchos casos el desarrollo de estas redes es promovido por actores económicos, pero existen varios ejemplos en los que se ha demostrado cómo el papel de los programas y políticas gubernamentales con objetivos claros y delimitados pueden ser capaces de impulsar el desarrollo y fortalecimiento de las redes como lo menciona Callon. A partir del programa espacial de Estados Unidos *APOLO*³⁴³⁵ se desarrolló una red de actores que dio como resultado la creación de tecnología para los viajes espaciales, los avances logrados en múltiples áreas científicas siguieron un crecimiento independiente hasta convertirse en el centro de una industria por sí mismas; otro ejemplo es el desarrollo de la comunicación inalámbrica, el GPS³⁶ es un legado de un programa con fines militares, que hoy en día se ha popularizado su uso.

En México el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología es el organismo encargado de ejecutar las políticas y programas en esta materia. El subprograma AVANCE³⁷, los fondos mixtos y el programa de estímulos para la innovación, tienen como objetivo promover las relaciones entre los polos científico, tecnológico y de mercado, además de impulsar el desarrollo de las áreas industriales y tecnológicas prioritarias en el país.

El análisis de las redes tecno-económicas puede trabajar en dos direcciones en este sentido, primero se puede analizar la eficacia de las políticas en materia de ciencia y tecnología analizando las redes, y dicho análisis a su vez puede servir para establecer los puntos débiles o

³³ *Ibidem* Callon, p. 103, 1994.

³⁴ *Ibidem* Callon, p. 104, 1994.

³⁵ El programa Aeroespacial Estadounidense denominado APOLO comenzó en julio de 1960 cuando la NASA anuncio el programa y el cual tenía como finalidad el colocar al hombre en la Luna.

³⁶ GPS de significado en inglés (*Global Positioning System*) sistema de posicionamiento global desarrollado por el departamento de Defensa de Estados Unidos.

³⁷ Programa AVANCE, programa de Alto Valor Agregado dirigido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, es uno de los programas más importante implementados por el CONACyT que tiene distintas modalidades y tiene como fin el promover la innovación a través de generar proyectos de para la creación o desarrollo de empresas de base tecnológica.

áreas que se necesitan fortalecer. Una forma que tiene el gobierno de fortalecer dichas redes es por medio de incentivos fiscales, o modificando la regulación.

En resumen, podemos decir que la importancia del análisis de las TENs es tener una serie de instrumentos que nos permitan conocer el estado de los diferentes polos y obtener información de los factores que promueven dicho entorno, así como guiar en las estrategias que se requieren para el fortalecimiento de las redes.

Conclusiones

Los dos enfoques abordados en el presente tienen como objetivo el analizar de forma complementaria aquel aspecto que para ambos es el impulsor de la economía, es decir el avance tecnológico. Este avance tecnológico está dado por una serie de actores que interactúan en favor del sistema y para determinar el estado del mismo se deben de analizar las relaciones que estos establecen. Los sistemas de innovación son en gran medida una forma de identificar a los actores que interactúan para formar el sistema de innovación y determinar su grado de interacción, y eso podrá ser comparado con otros sistemas de innovación los cuales servirán de base para su mejoramiento. Es importante destacar que los sistemas de innovación suponen un sistema coordinado trabajando con el mismo objetivo.

Por otro lado las redes tecno-económicas suponen tres agregados de actores principales denominados polo de la ciencia S, polo de la tecnología T y el polo del mercado M. Los actores que los integran no son un grupo necesariamente coordinado u ordenado, pero si con interacciones que son el vehículo para el desarrollo tecnológico. La utilidad de este enfoque es la posibilidad de analizar cada elemento por separado o en conjunto.

La diferencia principal entre los sistemas de innovación y las *redes tecno-económicas*, es el que las segundas ponen a un producto como el centro de la innovación, es el objeto que provoca las interacciones, mientras que los sistemas de innovación explican cuáles son los elementos que interactúan para que la innovación se lleve a cabo dentro de un sector.

Referencias capítulo 1 y presentación

- ✦ Adelman, I. *Teorías del desarrollo económico*. Tercera reimpression, Fondo de Cultura Económica, p.113, México **1978**.
- ✦ Alonso y Méndez. *Innovación, Pequeña empresa y desarrollo Local en España*. Ed. Civitas, pp. 28, **2000**.
- ✦ ANAFAM. *La industria Farmacéutica Mexicana. Orígenes, desarrollo y perspectivas*. 1^{ra} edición, Ed. México Porrúa, pp. 112-113, **2006**.
- ✦ Arnold, M. & Osorio, F. “Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas”, *Cinta de Moebio*, núm. 3, Universidad de Chile, **1998**.
- ✦ Arnold & Rodríguez. “Teoría de Sistemas, Nuevos Paradigmas: Enfoque de Niklas Luhmann”. *Revista Paraguaya de Sociología*. Año 26. N°75, pp. 51-72, Mayo-Agosto. **1989**.
- ✦ Bradfield, R. “Four scenarios for the future of the pharmaceutical Industry”, *Technology Analysis & Strategic Management*, Number 13th, January **2009**.
- ✦ Cabrera-Contreras, R. “Perspectivas de la investigación biotecnológica básica en México”, *Salud Pública de México*, Vol. 31, pp. 370-384, **1989**.
- ✦ Callon, M. “Techno-economic Network and Science and Technology Policy”, *Science Technology industry Review*, No. 14, Organization for Economics Co-operation and Develop, Paris **1994**.
- ✦ Carlsson, B. “Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues”, *Research Policy*, vol. 31, n. 2, pp. 233-245, **2002**.
- ✦ Carlsson, B & Stankiewicz, R. ”On the nature, Function and Composition of Technological Systems” *Journal of Evolutionary Economics* 1(2), pp. 93-118.
- ✦ Censo de Industria Farmacéutica de México de CANIFARMA 2012. http://www.canifarma.org.mx/censoIF_01.html, [consultado el 15 de septiembre 2013].
- ✦ Ciceri, H. *Construcción de la agenda Tecnológica Mexicana desafíos impuestos por el contexto integrativo mundial de economía abierta*. Editorial Economic Comission of Latinoamérica. United Nations. UNAM. ejemplar para la revisión discusión México D.F., **2011**.
- ✦ Ciceri, H. *Manual para la elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de

Química, Coordinación de Ingeniería en sistemas, Programa de Posgrado en Ingeniería, segunda edición, **2007**.

- Croufer, E. “Putting patients at the center of a new biopharma business model”, *ADL Prism*, number 2, **2009**.
- Dosi G. & et al (Eds). *Technical Change and Economic Theory*, London, Pinter Publishers, **1988**.
- Edquist, C. *Systems of Innovation: Technologies, Institutions and Organizations*. London and Washington: Pinter, **1997**.
- Esparza- García, F. “Perspectivas de la biotecnología y la bioingeniería en México”, *Avance y perspectiva*, Volumen 10, pp.79-73, enero-marzo **1991**.
- Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L. “The triple helix: university-industry-government relations; a laboratory for knowledge based Economic development”, *EASST Review* 14, Amsterdam, **1995**.
- Freeman C. *La Teoría Económica de la Innovación Industrial*. Alianza Universidad (España), pp. 22. **1964**.
- Freeman, C. *Technology Policy and Economic Performance: Lesson from Japan*, London Printer, **1987**.
- Gaceta de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, dirección http://www.ingenieria.unam.mx/sistemas/semblanzas/DocumentosProfesores/BSL/sistemas_enfoque_y_teoría. [Consultado el 23 de octubre 2014].
- Girón, A. “Schumpeter: aportaciones al pensamiento económico”, *Revista Comercio Exterior*, pp. 1077-1084, diciembre **2000**.
- Guzmán, A. “Capacidades de la innovación de las farmacéuticas de América Latina”, *Economía: teoría y práctica. Nueva época*, Número Especial 1, **2009**.
- Guzmán, A. “Patentes en la industria farmacéutica de México: los efectos en la investigación, el desarrollo y la innovación”, *Comercio Exterior*, Volumen 54, Número 12, pp. 1104-1121, diciembre **2004**.
- Guzmán Cervantes I. *Análisis de Estrategias desarrolladas por las empresas trasnacionales y su impacto en la industria farmacéutica nacional*. Tesis de maestría. Facultad de Química, UNAM, **2011**.
- Horato, J. “Medicamentos biotecnológicos”, *Economía de la salud*, Volumen 61, número 6, pp. 334-338, **2007**.

- INEGI en cifras2013, www.inegicifras.gob.mx [consultado el 8 de noviembre 2013].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta sobre innovación y desarrollo tecnológica ESIDET 2010 Resultados. http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/encuestas/especiales. [Consultado el 23 de marzo 2014].
- Kulkarni, S. “Personalized Medicine”, *Mckinsey & company*, Marzo **2013**.
- Kurumato, J. “Sistemas de innovación tecnológica”. <http://www.politicasceti.net/index>. [Consultado 25 de noviembre del 2013].
- La industria farmacéutica en México: un jugoso negocio con la salud. <http://www.sdpmnoticias.com/columnas/2013/05/27/la-industria-farmaceutica-en-mexico-un-jugoso-negocio-con-la-salud>. [Consultado 27 de Mayo 2014].
- Ley de Planeación, Diario Oficial de la Federación 09-04-2012, extraído de la página del Congreso [consultado el 3 de noviembre 2014].
- Lundvall, B. A. “Innovation as an Interactive Process: User-Producer Interaction to National Systems of Innovation”. In G. Dosi & et al, *Technical Change and Economic Theory*. London, Pinter Publishers, **1988**.
- Magos, G. Lorenzana-Jiménez M. “Las fases en el desarrollo de nuevos medicamentos”, *Revista Facultad de Medicina UNAM*, Vol. 52 No. 6 Noviembre-Diciembre, **2009**.
- Márquez, B. Registro sanitario de medicamentos alopáticos, herbolarios y biotecnológicos de uso humano en México, Tesis de Licenciatura, Facultad de Química, UNAM, México D. F., **2011**.
- Medellín, E. & Flores, R. *Vinculación para la innovación: reflexiones y experiencias*, México, D.F. Fundación Educación Superior-Empresa, ANUIES, 2012
- Montoya, O. “Schumpeter, Innovación y determinismo tecnológico”, *Scientia et Technica*, Año X, Número 25, pp. 209-2013, Agosto **2004**.
- Moreno, G. “Vencimiento de patentes: reto de la industria farmacéutica”. *Forbes México*, Mayo **2013**.
- Nelson, R. *National System of Innovation: Case studies*. Oxford, Oxford University Press. **1993**.
- Nelson R. “The eco-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions”. *Industrial and Corporate Change*, 3(1), pp.47-63, **1994**.
- Núñez, L. “Retos y contradicciones de la industria biotecnológica actual”. *Biotecnología Aplicada*; Vol.24, No. 3-4, **2007**.

- OCDE. Manual de Frascati. *Propuesta de norma práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. **2002**.
- OCDE, Manual de Oslo, *Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*, Tercera edición Traducción Española, Tragsa, **2006**.
- Página de la Secretaría de Economía. Unidad de inteligencia de negocios. <http://207.248.177.30/mir/uploadtests/28593.177.59.2>. [Consultado el 17 de marzo 2014].
- Palma, Y. *Regulación de medicamentos biotecnológicos*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Química. UNAM, México D. F., **2013**.
- Peláez, F. “Paradigmas actuales en las etapas tempranas del proceso de descubrimiento y desarrollo de nuevos fármacos”, *Real Sociedad Española de química, An Quim*, Núm. 107(1), pp. 36-45, **2011**.
- Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 extraído de la página del Congreso, [Consultado el 10 enero 2015].
- Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2013-2018 Logros 2014. Extraído de la página oficial de CONACyT.
- Ramírez R. *Guía de Estudios preclínicos y clínicos*, Dirección Ejecutiva de Autorización de Productos y Establecimientos, COFEPRIS.
- Sabato, J. & Botana, N. “La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de Latinoamérica”, *Revista Integración*, N°3, Buenos Aires Argentina, Noviembre **1968**.
- Soberón, X. “Biotecnología: Vinculación entre la Investigación Científica Mexicana y el Sector Productivo”, *El mercado de valores*, pp. 50-59, Febrero **1999**.
- Solleiro, J. “El Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001- 2006 y el Sistema Nacional de Innovación” *Aportes: Revista de la Facultad de Economía-BUAP*, Año VII, Núm.20, **2001**.
- Schumpeter, J. *Teoría del desenvolvimiento económico*. Quinta Reimpresión, Fondo de Cultura Económica, México, p. 25, **1987**.
- Trejo-Estrada, S. “Situación de la biotecnología en el mundo” Centro de Investigaciones en biotecnología aplicada IPN unidad Tlaxcala, **2011**.
- Yoguel, G. “De Schumpeter a los postschumpeterianos: viejas y nuevas dimensiones analíticas”, *Revista Problemas del Desarrollo*, Número 174 (44), pp.37-45, julio-septiembre **2013**.

Capítulo 2 Los Centros de Investigación del Sistema de Innovación de Biomedicamentos

Los centros de investigación (CI) son actores sustantivos de los sistemas de innovación, por lo que su análisis es fundamental para determinar las características de los procesos de innovación que los distinguen. En el presente se ofrece la información respectiva, enfocándonos en la que será de utilidad para probar la hipótesis de trabajo, así como establecer las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de los centros que forman al que hemos denominado Sistema de Innovación de Biomedicamentos(SIBm). También se analizan las estructuras de interface universidad-industria de dichos centros y las características de las relaciones entre estos dos elementos (universidad e industria)

Para el análisis se identificaron los CI nacionales y se examinaron aquellos especializados en el área de la biotecnología que presentan una concentración de capital humano de alto nivel, una alta producción científica (publicaciones en revistas indexadas, participación en congresos, tesis, patentes), presupuesto e infraestructura para las actividades de I&D+ i y vinculación con el sector productivo. Resultado del análisis se seleccionaron los siguientes centros : el Instituto de Biotecnología de la UNAM (IBt), los departamentos relacionados con esta área como biofarmacia y biomedicina del CINVESTAV y el Centro de Biotecnología de Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (IB-FEMSA).

2.1 La organización de los Centros de Investigación del Sistema de Innovación Nacional

En México existen 116 Centros de Investigación (CI)¹ de los cuales 72 son de carácter público². Estos centros tienen diferente origen y características, algunos pertenecen a universidades nacionales o estatales, otros son organismos autónomos, en otros casos, son resultado de alianzas entre varias instituciones como el Instituto Nacional de Medicina Genómica y existen aquellos centros que pertenecen a Secretarías de Estado, de este tipo existen 28 centros³.

¹ Series Históricas del Gasto en Ciencia, Tecnología e Innovación en México. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. <http://www.foroconsultivo.org.mx/>. [Consultado el 10 de marzo 2014]

² Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008-2012. Diario Oficial de la Federación. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5074624&fecha=16/12/2008. [Consultado el 17 de abril de 2014]

³ *Ibidem*, Programa Especial de Ciencia y Tecnología, 2008-2012.

Adicionalmente CONACyT cuenta con 27 centros públicos⁴ que están especializados en algún área de investigación; diez pertenecen al área de ciencias exactas y naturales, ocho son de ciencias sociales y humanidades y los nueve últimos pertenecen al área de desarrollo tecnológico, estos centros tienen como objetivos, divulgar a la sociedad la ciencia y la tecnología, fomentar la tecnología local y adaptar la extranjera, innovar en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento de ciencia y tecnología, entre otros⁵. La creación de estos centros forma parte de las estrategias del Consejo para promover y fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país.

También encontramos dentro del Sistema de Innovación Nacional departamentos que pertenecen a universidades en donde se realizan actividades que contribuyen a la innovación tecnológica, por ejemplo; los departamentos de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), estas son dos de las entidades que presentan mayor número de solicitudes de patentes y registros en el país⁶, además de contar con una notable actividad en materia de vinculación (universidad–industria) y alta producción de artículos científicos junto con los centros seleccionados para esta investigación, como lo veremos más adelante.

A modo de resumen se agruparon los CI en cinco categorías:

- Los departamentos o CI que pertenecen a las universidades públicas
- Los departamentos o CI de universidades privadas⁷

⁴ Algunos de los centros CONACyT son los siguientes: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICyT), Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. (CICY), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C. (CICESE) y Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR).

⁵ Página oficial de CONACyT [http://www.conacyt.gob.mx/ElConacyt/CentrosConacyt /Paginas/default.aspx](http://www.conacyt.gob.mx/ElConacyt/CentrosConacyt/Paginas/default.aspx) [consultado el 23 de enero 2014]

⁶ Datos obtenidos Dirección General de Evaluación Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.dgei.unam.mx/>. [Consultado el 18 de enero 2014]

⁷ Se separaron en dos categorías a los centros de investigación y departamentos que pertenecen a universidades públicas y privadas debido a que se considera que existen diferencias significativas en su organización además del origen de su financiamiento.

- Los CI que pertenecen al CONACyT
- Los CI autónomos o que pertenecen a alguna secretaría
- CI privados

2.2 Criterios de selección de los Centros analizados

Para la selección de los centros se tomó en cuenta la concentración de recursos humanos especializados y materiales en el área de biotecnología, para determinar esta condición se analizaron diferentes rubros, entre los que se encuentra el presupuesto de las instituciones (tabla 2.1), el presupuesto para las actividades de ciencia, tecnología e innovación (Tabla 2.3), el número de académicos, número de investigadores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores artículos científicos publicados en revistas indexadas, impacto de las publicaciones, número de patentes otorgadas y número de solicitudes de patente como se mencionó anteriormente.

2.2.1 Presupuesto de las Instituciones Federales y de las funciones de ciencia, tecnología e innovación

El presupuesto otorgado a las instituciones es un indicador directo de las capacidades financieras y un indicador indirecto de las capacidades de infraestructura y recursos humanos de las instituciones. El Instituto de Biotecnología de la UNAM y el CINVESTAV son instituciones que tienen como principal fuente ingresos los otorgados a través del presupuesto federal.

El presupuesto destinado a la educación superior y posgrado se encuentra repartido en los siguientes ramos: ramo 11 (Secretaría de Educación Pública), Ramo 7 (Secretaría de la Defensa Nacional), Ramo 8 (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación), ramo 33 (Aportaciones Federales para Entidades Federativas y Municipios) y ramo 25 (Previsiones y Aportaciones para los Sistemas de Educación Básica, Normal, Tecnológica y de Adultos). En cada ramo se agrupan cierto número de instituciones, las cuales son seleccionadas de acuerdo con el tipo de educación que ofrece.

En la tabla 2.1 se observan los presupuestos aprobados para distintos años de las instituciones de educación superior del Ramo 11, es en éste ramo en donde se localizan las universidades públicas con mayor presencia. Como podemos observar en la tabla 2.1, la

UNAM encabeza la lista seguida por el IPN y la UAM en tercer lugar. Es importante precisar que la Universidad Autónoma de Chapingo se encuentra en el presupuesto de instituciones que pertenecen a la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA), pero por la extensión del presupuesto y su importancia a nivel nacional se decidió incluirla en la tabla siguiente.

Tabla 2.1 Presupuesto para Instituciones Federales de Educación Superior, SEP 2011-2015(millones de pesos)

Institución educativa	2011	2012	2013	2014	2015
Universidad Nacional Autónoma de México	35,654.2	27,677.5	29,410.6	31,187.1	33,563.8
Universidad Autónoma Metropolitana	4,485.9	5,095.8	5,445.1	5,773.9	6,149.3
Universidad Pedagógica Nacional	701.7	744.4	730.5	761.2	810.7
Instituto Politécnico Nacional	10,868.2	11,792.5	12,752.2	13,822.3	14,952.8
Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN	1,896.7	2,079.5	2,149.9	2,046.6	2,179.7
Colegio de México A.C.	479.5	532.8	534.0	544.7	580.1
Centro de Enseñanza Técnica Industrial	235.2	279.0	334.0	283.0	306.1
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	789.9	832.7	878.0	848.1	903.2
Universidad Autónoma de Chapingo*	2,062.3	2,031.8	2,188.7	2,296.6	2,389.3
Total	45,261.4	49,184.1	52,514.5	57,563.4	61,835.0

* La universidad de Chapingo es una Institución perteneciente a la SAGARPA por lo que no se considera en el total del presupuesto para la SEP.

Fuente: Elaboración a partir de los datos obtenidos en el Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal de 2011, 2012, 2013, 2014 y 2015, consultado en DOF en <http://www.dof.gob.mx/> [consultado el 10 de febrero 2014].

Los ramos en donde se localizan las instituciones de educación superior federales cuentan con funciones generales y sub funciones definidas. El ramo 11 establece las cuatro funciones generales siguientes: coordinación de las políticas de gobierno, actividades culturales recreativas y otras manifestaciones, educación y finalmente ciencia, tecnología e innovación (CTI). Cada función es dividida en sub funciones (Tabla 2.2), de las cuales podemos distinguir

dos grupos de interés para esta investigación; las sub funciones que integran la función de CTI y las sub funciones de posgrado y educación superior de la función educación.

Tabla 2.2 Distribución de gasto de las sub funciones del Ramo 11(SEP) 2013-2014 (millones de pesos)

Ramo	Función	Sub función	Presupuesto 2013 a	Presupuesto 2014 p
Ramo 11(SEP)	Coordinación de las políticas de gobierno	Función pública	502	445
	Actividades culturales, recreativas y otras manifestaciones	Deportes y recreación Cultura	28,220	19,074
	Educación	Educación básica	38,255	53,557
		Educación media superior	65,074	79,444
		Educación superior	92,553	101,799
		Posgrado	3,596	5,687
		Educación para adultos	5,934	2,255
	CTI	Investigación científica	12,166	10,380
		Desarrollo tecnológico	7.28	7.28
		Servicios científicos y tecnológicos	401	418
Total			260,277	289,972
Total para ciencia, tecnología e innovación			12,574.28	10,805.28

a-aprobado

p-proyecto

Fuente: Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2013 y Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2014

El presupuesto destinado a la función CTI (tabla 2.2) es cercano al 5% del gasto total del rubro, mientras que las sub funciones de educación superior y posgrado representan el 37% aproximadamente. También se observa una disminución en la función de CTI y un incremento en las sub funciones de educación superior y posgrado.

El gasto destinado a las actividades de CTI nos revela la importancia de dichas actividades para la institución y por lo tanto, si existe una orientación científica. En la tabla 2.3 se muestra el gasto para la función de CTI de los años 2013 y 2014 de las instituciones que pertenecen al ramo 11, en donde encontramos que la UNAM, el IPN, el CINVESTAV y La UAM son las instituciones que más gasto destinan a estas actividades. Si se analiza este dato en términos porcentuales en función del presupuesto total para la institución (tabla 2.1), se obtiene información adicional, por ejemplo, que es el CINVESTAV la institución que destina un mayor

porcentaje a las actividades de CTI con un 89.34%, seguida de la UNAM con un 26% aproximadamente, mientras que la UAM aporta un 19.5 de sus ingresos para estas actividades.

Tabla 2.3 Distribución del gasto para la Función Ciencia, Tecnología e Innovación del ramo 11(SEP), por unidades responsables, 2013-2014. (Millones de pesos)

Unidad Responsable	PEF 2013	PEF 2014	Variación real
Universidad Nacional Autónoma de México	7, 671. 58	6, 012.33	-21.63
Instituto Politécnico Nacional	780.17	1,270.75	62.88
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional	1, 920.94	1,214.33	-36.75
Universidad Autónoma Metropolitana	1, 064.22	1, 172.48	10.17
El Colegio de México, A.C.	460.69	489. 92	6.34
Dirección General de Educación Superior Universitaria	313.35	313.25	-
Dirección General de Educación Superior Tecnológica	181.67	122. 35	-32.65
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro	89.95	89.84	-0.12
Universidad Pedagógica Nacional	28.86	63.75	120.85
Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del Instituto Politécnico	45.84	44.47	-2.99
Subsecretaría de Educación Media Superior Nacional	7.28	7.28	-
Dirección General de Desarrollo de la Gestión e Innovación Educativa	2.62	2.70	3.09
Centro de Enseñanza Técnica Industrial	5.58	2.52	-54.79
Patronato de Obras e Instalaciones del instituto Politécnico Nacional	3.00	-	-100

Fuente: Elaboración a partir datos de la Subdirección de Análisis Económico de la Dirección de Servicios de Investigación y Análisis adscrito a la Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados con información del Proyecto y el Presupuesto de Egresos de la Federación <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/se/SAE-ISS-41-11.pdf> [Consultado el 24 de noviembre 2014].

2.2.2 Producción científica en las Instituciones de Educación Superior Nacionales

Uno de los parámetros para medir la producción científica de una institución, es a través de las publicaciones en revistas indexadas y la calidad científica por el factor de impacto⁸ o número de citas de cada artículo. Los reportes al respecto son publicados por quinquenio.

El *Institute for Scientific Information* (ISI) es el organismo que procesa la base de datos multidisciplinaria más completa sobre publicaciones científicas arbitradas en el mundo. El ISI

⁸ El factor de impacto se calcula generalmente con base en un periodo de dos años. Se define como el cociente del número de citas recibidas por un autor en los dos últimos años entre el número de artículos publicados en los dos últimos años por ese autor.

registra a las publicaciones con mayor influencia en las diversas disciplinas y áreas del conocimiento.

En la tabla 2.4 se muestran las instituciones con mayor producción de artículos científicos

Tabla 2.4 Producción, citas e impacto según la institución del autor 2005-2009

Institución	Artículos	Citas	Impacto
Universidad Nacional Autónoma de México	26,714	84,843	3.2
Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados de IPN	7,721	23,361	3.0
Instituto Politécnico Nacional	5,814	9,877	1.7
Universidad Autónoma Metropolitana	4,667	8,694	1.9
Instituto Mexicano del Seguro Social	4,243	11,212	2.6
Universidad de Guadalajara	2,494	3,643	1.5
Secretaría de Educación Pública	2,351	3,466	1.5
Universidad Autónoma de Nuevo León	2,022	3,416	1.7
Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán	1,951	7,379	3.8
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	1,943	4,892	2.5
Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica, y Electrónica	1,698	3,734	2.2

Fuente: *Institute for Scientific Information*, 2010, <http://thomsonreuters.com/en/products-services/scholarly-scientific-research.html>. [Consultado 18 de octubre 2014]

así como el impacto de los mismos a nivel nacional publicados por el ISI en el quinquenio de 2005-2009. Durante el periodo 2000-2009 la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) generó 47,886 artículos con un impacto de 6; en particular, durante el quinquenio 05-09 creó 26,714 artículos con un impacto de 3.2⁹ La producción científica de esta institución es la más variada del país, abarca prácticamente todas las áreas del conocimiento. De acuerdo con ISI el CINVESTAV se sitúa como el segundo mejor generador de artículos científicos, con 7,721 artículos y 23,361 citas. El Instituto Politécnico Nacional elaboró 5,814 artículos con un impacto del 1.7. El índice de impacto de las instituciones se encuentra en un rango entre 3.2 y 1.5, siendo nuevamente la UNAM la que tiene el primer sitio.

Otro método para medir la calidad de las actividades científicas de una institución es a través del número de investigadores que pertenecen al Sistema Nacional de investigación (SNI, Tabla 2.5), este sistema tiene como objeto promover y fortalecer, a través de la evaluación, la calidad

⁹ Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2013. CONACyT. <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/estadisticas/publicaciones/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-tecnologia-2002-2011>. [Consultado el 11 de octubre 2014]

de la investigación científica y tecnológica y la innovación que se produce en el país¹⁰. El SNI confiere tres posibles distinciones a sus miembros: candidato a investigador, investigador nacional (tres niveles) e investigador emérito. Los productos de investigación que son considerados para el ingreso, reingreso o prórroga al SNI son: la investigación científica y tecnológica y la formación de científicos y tecnólogos. En la tabla 2.5 se muestran las instituciones de Educación Superior que presentan el mayor número de investigadores en el SNI.

El 56% de los miembros del SNI se encuentran repartidos en diez Instituciones de Educación Superior (IES), lo que sugiere una gran concentración de científicos en estas instituciones. El 19 % de los investigadores pertenecen a la UNAM, seguido de los Centros SEP-CONACyT y en tercer lugar la UAM. El ITESM se localiza en la posición número 18 de la lista y es la única institución privada dentro de la misma.

Tabla 2.5 Universidades con mayor número de Investigadores en el SNI

	Institución	Número	% Nal
1	Universidad Nacional Autónoma de México	3756	19
2	Centros SEP CONACyT	1662	8.4
3	Universidad Autónoma Metropolitana	1004	5.1
4	Instituto Politécnico Nacional	952	4.8
5	Institutos Nacionales de Salud	878	4.4
6	Universidad de Guadalajara	711	3.6
7	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN	704	3.6
8	Universidad Autónoma de Nuevo León	533	2.7
9	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	454	2.3
10	Institutos Tecnológicos (Federales Y Estatales)	419	2.1
	Total	11073	56

Fuente: Estudio comparativo de la Dirección General Institucional de UNAM 2014. [http://www.exe cum. unam.mx](http://www.exe.cum.unam.mx) [consultado el 8 de mayo 2014]

2.2.3 El Desarrollo Tecnológico en las Instituciones de Educación Superior nacionales

La segunda sub función de la función de CTI (tabla 2.2) es el desarrollo tecnológico, para lo cual se ha considerado como fuente de medición el número de patentes solicitadas y el número

¹⁰ Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores, segunda sección. Diario Oficial de la Federación. Miércoles 26 de Septiembre 2012.

de patentes nacionales otorgadas para las instituciones de educación superior. En la tabla 2.6 se muestra a las instituciones con mayor número de patentes nacionales otorgadas a nivel nacional en el periodo de 1991 a 2012. El instituto Mexicano del Petróleo (IMP) tiene el mayor número de patentes, sin embargo en los últimos años han disminuido notablemente las solicitudes del instituto. En el año 2007 contaba con el 57% de las patentes nacionales y actualmente este porcentaje ha disminuido al 45.7%.

En México existen dos tipos de solicitudes de patentes, la primera otorga protección nacional y la segunda la solicitud PTC que es una solicitud internacional. Las IES y CI también tienen la posibilidad de solicitar patentes en otros países. Las instituciones por medio de sus estructuras de vinculación y transferencia tecnológica evalúan la situación de cada invención susceptible de ser patentada y deciden la conveniencia de cada tipo de solicitud por lo que en la lista (tabla 2.6) no aparecen todas las patentes que cada una de las instituciones sustenta.

Tabla 2.6 Instituciones con mayor número de patentes otorgada a nivel nacional 1991-2012

Institución	Patentes otorgadas	% Nacional
Instituto Mexicano del Petróleo	493	45.6
Universidad Nacional Autónoma de México	159	14.7
Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados de IPN	71	6.6
Universidad Autónoma Metropolitana	65	6
Instituto de Investigaciones Eléctricas	64	5.9
Centros SEP CONACyT	51	4.7
Instituto Politécnico Nacional	36	3.3
Sistema Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	25	2.3
Universidad Autónoma de Nuevo León	17	1.6
Instituto Mexicano del Seguro Social	14	1.3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos del Estudio comparativo de la Dirección General Institucional de UNAM 2014. <http://www.execum.unam.mx> [consultado el 8 de mayo 2014]

El último elemento a considerar para este primer acercamiento a las IES nacionales son las solicitudes de patentes con las que cuenta cada institución; para lo cual se harán las siguientes precisiones;

- A. La autoridad responsable en México de otorgar los derechos de Propiedad Industrial como las patentes, modelos de utilidad y diseños industriales es el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI).
- B. El proceso para el otorgamiento de una patente es largo y exhaustivo y comienza con la presentación de la solicitud de patente ante el IMPI, lo cual desencadena una serie de revisiones exhaustivas por parte de la autoridad competente, que se conocen como exámenes de forma y fondo. El tiempo promedio desde el ingreso de una solicitud hasta su dictamen (concesión o negativa) es de aproximadamente de 3- 5 años.
- C. El derecho exclusivo de propiedad lo otorga el Estado por 20 años para patentes, cumplidos estos años, las patentes pasarán a formar parte del dominio público.

El número de solicitudes de patentes de las IES correspondientes (tabla 2.7) es un indicativo de la actividad en materia de desarrollo tecnológico, sin embargo es importante aclarar que no todas las solicitudes finalizan en concesión y no todas las patentes otorgadas se convierten en innovación. Existen un gran número de patentes que no son utilizadas.

El ITESM es la única institución privada que se encuentra en los primeros lugares de las instituciones con mayor número de solicitudes de patente, esta institución aun cuando no es de reciente creación tiene un enfoque tradicional orientado a la administración de negocios, la generación de ciencia básica y aplicada es un ámbito de reciente exploración para la institución.

Tabla 2.7 Instituciones con mayor número de Solicitudes de patente en México 1991-2012

Institución	Patentes solicitadas	% Nacional
Instituto Mexicano del Petróleo	399	25.9
Universidad Nacional Autónoma de México	185	12
Sistema Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	134	8.7
Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del IPN	126	8.2
Centros SEP CONACyT	123	8
Universidad Autónoma Metropolitana	96	6.2
Instituto de Investigaciones Eléctricas	67	4.3
Instituto Politécnico Nacional	66	4.3
Universidad Autónoma de Nuevo León	52	3.4
Universidad de Guanajuato	41	2.7

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en el Estudio comparativo de la Dirección General Institucional de UNAM 2014. <http://www.execum.unam.mx> [consultado el 8 de mayo 2014]

El objetivo principal de la información presentada es contextualizar la situación de los CI a través de las instituciones a las que pertenecen. Adicionalmente los datos presentados son una pauta para determinar cuáles son las instituciones con mayores recursos económicos y de infraestructura además de ser un primer acercamiento a los CI. Sin embargo, es importante aclarar que las universidades cuentan con otros centros y departamentos en los que se divide el presupuesto asignado.

2.3 El Instituto de Biotecnología de la UNAM

En la presente sección se presenta la información de los CI seleccionados para su análisis, comenzando por Instituto de Biotecnología de la UNAM. La información está enfocada a determinar las capacidades científicas, de desarrollo e innovación de los centros que hemos tomado como muestra para analizar el estatus nacional en materia de biomedicamentos.

2.3.1 Antecedentes del Instituto de Biotecnología

El IBt, antes Centro de Investigación sobre Ingeniería Genética y Biotecnología (CIIGB), fue creado en abril de 1982 y comenzó su funcionamiento dentro de las instalaciones del Instituto de Investigaciones Biomédicas, ubicado dentro de Ciudad Universitaria en el Distrito Federal. En 1985 el todavía llamado CIIGB fue trasladado a la ciudad de Cuernavaca Morelos, a un terreno donado por la Universidad del Estado de Morelos el cual tenía en ese momento una extensión del 25 000 m².

El CIIGB fue transformado en el actual Instituto de Biotecnología de la UNAM, el día 14 de septiembre de 1991¹¹. Comenzó sus actividades con nueve investigadores, pero incremento sus recursos materiales y humanos de forma sostenida durante su tiempo de existencia, para fines de 1990 contaba con 38 investigadores integrando 14 grupos de trabajo; estos investigadores estaban apoyados por 35 técnicos académicos, y en los años más recientes el instituto logró su mayor crecimiento.

El Instituto de Biotecnología (IBt) señala que su investigación está orientada a la especialización en el estudio, caracterización, la función, sobreproducción, el manejo y la

¹¹ Página oficial del Instituto de Biotecnología de la UNAM www.ibt.unam.mx [Consultado el 10 de abril de 2014]

utilización de proteínas y ácidos nucleicos. Para cumplir con sus objetivos de investigación el IBt se ha organizado en 5 departamentos: Bioingeniería, Biología Molecular de Plantas, Genética y Fisiología Molecular, Microbiología Molecular, y Reconocimiento Molecular y Bioestructura.

Desde 1982 se han generado cerca de 1,600 publicaciones, de las cuales, 1012 han aparecido en revistas, el 93% de ellas de circulación internacional, y de estas, 459 se publicaron en los últimos cinco años. Así mismo, se han firmado más de 200 convenios y contratos de investigación y desarrollo tecnológico, de los cuales, 22 están vigentes.

Actualmente el IBt está dirigido por el Doctor Carlos F. Arias, quien funge como director y presidente del consejo interno, además de ser líder académico e investigador. El Consejo interno del IBt está constituido actualmente por ocho miembros: el presidente, el secretario académico y secretario del consejo interno, los jefes de cada uno de los cinco departamentos que integran al instituto y el coordinador de la unidad de docencia.

2.3.2 Características Organizacionales del Instituto de Biotecnología

La misión fundamental del Instituto es desarrollar la biotecnología moderna en la UNAM a partir de investigación de excelencia académica y de frontera y, paralelamente, la formación de recursos humanos especializados;

Los objetivos declarados por el Instituto son los siguientes:

1. Realizar investigación y generar conocimiento en las áreas y disciplinas que se cultivan en el Instituto: biología molecular, biología celular, microbiología, virología, bioquímica, ingeniería bioquímica, inmunología, biología estructural, biología del desarrollo, genómica, ecología microbiana y bioinformática, entre las más importantes.
2. Utilizar el conocimiento en biología para desarrollar tecnología biológica competitiva, de preferencia en colaboración con el sector industrial, orientada a la solución de problemas en las áreas de salud, agropecuaria, industrial, energética y ambiental.
3. Participar en la formación de recursos humanos, preferentemente a través de su incorporación en proyectos de investigación multidisciplinarios y en colaboración con

otras dependencias de la UNAM, en particular las facultades afines, y de otras universidades.

4. Contribuir a la divulgación del conocimiento en la sociedad.

2.3.3 El presupuesto del Instituto de Biotecnología proveniente de la UNAM

La UNAM cuenta con 136¹² entidades, las cuales están agrupadas por ramos según su naturaleza y función, el Instituto de Biotecnología (IBt) pertenece al ramo de los órganos de investigación.

Tabla 2,8 Presupuesto por dependencia de la UNAM Ramo 300 Órganos de Investigación científica 2015 (miles de pesos)

Centro	Asignado	Ejercido	Disponible
Coordinación de Ciencias	1,226,007	209,649	1,016,358
Instituto de Astronomía	243,914	41,930	201,984
Instituto de Biología	254,331	43,989	210,342
Instituto de Física	317,091	62,447	254,644
Instituto de Geofísica	214,005	38,711	175,294
Instituto de Geografía	119,845	21,070	98,775
Instituto de Geología	164,700	32,233	132,467
Instituto de Investigaciones Biomédicas	278,948	56,936	222,012
Instituto de Matemáticas	168,618	33,609	135,009
Instituto de Química	174,756	37,340	137,416
Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas	148,684	28,524	120,160
Instituto de Ingeniería	280,793	47,422	233,371
Instituto de Investigaciones en Materiales	164,931	37,323	127,608
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología	214,285	37,927	176,358
Instituto de Fisiología Celular	243,424	54,517	188,907
Instituto de Ciencias Nucleares	129,410	29,118	100,292
Instituto de Biotecnología	318,354	58,665	259,689
Instituto de Ecología	111,530	23,994	87,536
Instituto de Neurobiología en Querétaro.	155,530	29,400	126,130
Instituto de Ciencias Físicas	101,550	19,876	81,674
Instituto de Energías Renovables, en Temixco, Mor.	139,215	25,422	113,793
Órganos de Investigación Científica	5,169,921	970,102	4,199,819

Fuente: Elaboración a partir de datos obtenidos del Presupuesto de Egresos por Dependencia de la UNAM 2015, <http://www.transparencia.unam.mx/InfPresCon/dependencias.pdf>. [Consultado el 30 de marzo 2015]

¹² Presupuesto UNAM 2012 <https://consejo.unam.mx/archivo-noticias-y-multimedia/comunicados-y-mensajes/272-presupuesto-unam-2012>. [Consultado el 10 de mayo 2014]

El IBt cuenta con uno de los mayores presupuestos proveniente de la UNAM entre las instituciones de su ramo (tabla 2.8), para el año actual (2015) se asignaron 318.354 millones de pesos (tabla 2.8), presupuesto únicamente superado por la Coordinación de Ciencias con 1,226 millones de pesos.

El IBt cuenta con tres fuentes de ingresos: la primera proveniente de los fondos federales vía el presupuesto de la UNAM, la segunda por medio de los fondos de diversas agencias nacionales y extranjeras como el CONACyT y la tercera por medio de las actividades que realizan como servicios técnicos, de asesoría y la transferencia de tecnología y vinculación.

El presupuesto otorgado por la UNAM representa alrededor del 70%¹³ de los ingresos del Instituto, el resto de los ingresos se dividen entre los capitales obtenidos por agencias que promueven las actividades de CTI y los ingresos obtenidos por actividades realizadas. En la tabla siguiente se muestra la distribución del presupuesto de los fondos federales, en donde se muestran los rubros en los que es destinado.

Tabla2.9 Presupuesto del Instituto de Biotecnología de la UNAM 2013

Concepto	Monto
Remuneraciones personales	141,613,333
Servicios	9,654,929
Prestaciones y Estímulos	118,551,505
Artículos y materiales de consumo	11,410,933
Mobiliario y Equipo	1,229,237
Asignaciones para programas de colaboración y desarrollo académico	43,310,723
TOTAL	325,774,660

Fuente: Elaboración propia con información del informe de presupuesto UNAM 2013

El mayor porcentaje del presupuesto del IBt es destinado a dos rubros; remuneraciones personales y prestaciones y estímulos, esto no necesariamente quiere decir que se le destina poco presupuesto a las actividades de investigación pues como ya se mencionó, cuenta con otros capitales.

2.3.4 Organización Académica Instituto de Biotecnología

El Consejo Interno, tomando en cuenta diferentes criterios y elementos, propuso en 1982 un modelo de organización académica que permitiera cumplir la misión y los objetivos del

¹³ Información obtenida a partir de las entrevistas testimoniales realizadas.

entonces CIIGB, que son esencialmente los mismos del actual Instituto de Biotecnología¹⁴ los cuales están encaminados a desarrollar conocimiento en el área de la biotecnología y la genética.

El trabajo dentro del IBt se ha organizado en células básicas de investigación encabezadas por líderes académicos (siempre investigadores titulares)¹⁵ los cuales son los encargados del resto del grupo de investigación y del laboratorio en el que se realizan las tareas de CTI. Este modelo establecido por el instituto pretende incrementar el aprovechamiento de los integrantes de cada grupo además de facilitar las actividades de enseñanza y formación del alumnado, que es una tarea prioritaria para el instituto y cuenta con un total de 46 líderes académicos. Los grupos de investigación se encuentran organizados en 5 departamentos según las líneas de investigación principales.

Tabla 2.10 Organización de los Departamentos que integran el Instituto de Biotecnología de la UNAM

Departamento	Líder Académico	Investigadores titulares	Investigadores asociados	Técnicos Académicos
Microbiología celular	6	9	2	10
Medicina molecular y bioprocesos	11	3	2	15
Ingeniería celular y biocatálisis	10	9	1	11
Genética del desarrollo y fisiología molecular	11	10	3	11
Biología molecular de plantas	8	19	2	11

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del informe anual 2012 del Instituto de Biotecnología de la UNAM

La tabla anterior muestra la estructura de los departamentos a nivel académico, pero cabe señalar que una de las ventajas del instituto como formador de capital humano de alto nivel, es que sus grupos de trabajo cuentan con estudiantes de diferentes niveles educativos (desde licenciatura hasta posdoctorado). Las células de trabajo son, a grandes rasgos, similares en número de líderes académicos, pero podemos observar que el departamento de Genética del desarrollo y fisiología molecular es el mejor dotado.

¹⁴ *ibídem* Página Oficial del Instituto de Biotecnología.

¹⁵ *Ibídem*, Página Oficial del Instituto de Biotecnología.

2.3.5 Personal Académico del Instituto de Biotecnología

El instituto cuenta actualmente con 102 investigadores y 91 técnicos académicos en su planta docente; de los cuales 113 pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores; lo cual equivale al 94%.

La distinción más recurrente es de investigador nacional I (figura 2.1), pero existe una homogeneidad entre los tres niveles de la distinción (I, II, III). En la tabla no se han contemplado a los técnicos académicos, los cuales tienen a su cargo las áreas técnicas y los equipos especializados dentro de los laboratorios.

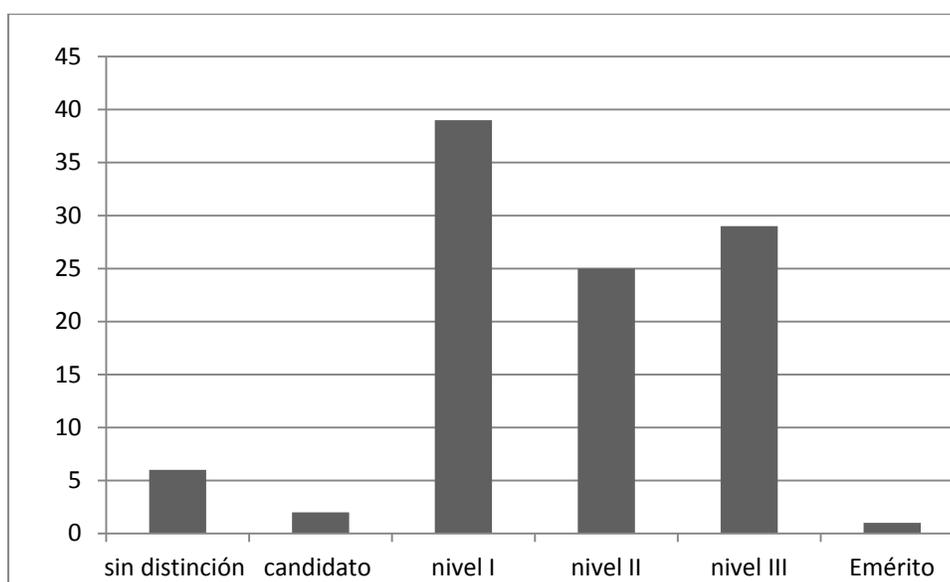


Figura 2.1 Investigadores del IBt en el SNI 2013. Fuente: Elaboración propia.

2.3.6 Infraestructura del Instituto de Biotecnología

El Instituto de Biotecnología cuenta con una planta física aproximadamente de 8000 m² en laboratorios, y un equipamiento de uso común con un valor superior a los diez millones de dólares; sumado a esto, cada grupo de investigación cuenta con equipos obtenidos mediante donativos, que constituyen un recurso económico de magnitud semejante al equipo de uso común, este equipo en su mayoría está disponible para el resto de la comunidad.

Los laboratorios se encuentran distribuidos en dos edificios denominados Norte y Sur. El Instituto cuenta con 7 unidades de apoyo para el personal académico: Unidad de Bioterio,

Unidades de Apoyo Técnico, Unidad de Cultivo de Tejidos y Crecimiento Vegetal, Unidad de Microscopía Electrónica, Unidad de Escalamiento y Planta Piloto, Unidad de Síntesis de Secuenciación de Macromoléculas, Unidad Universitaria de Apoyo Bioinformática y Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva de DNA.

Adicionales a los laboratorios que pertenecen a los grupos de investigación en donde se realizan las labores científicas, el IBt cuenta con los cuatro laboratorios de apoyo técnico siguientes: Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada, Laboratorio Universitario de Proteómica, Laboratorio de Producción de Roedores Transgénicos y Laboratorio de Imágenes, estos laboratorios brindan servicios internos y externos.

2.3.7 Participación del Instituto de Biotecnología con otros Centros

Los investigadores del IBt realizan colaboración científica con otras instituciones, lo cual se analiza a través de los artículos científicos publicados en conjunto.

Tabla 2.11 Colaboraciones del IBt con otros centros

Tipo de colaboración	No artículos internacionales 2005-2012	Porcentaje
Colaboración entre los grupos de investigación	188	19.5
Colaboración entre los departamentos	103	10.7
Colaboración con otras entidades académicas de la UNAM	199	20.6
Colaboración con otras instituciones del país	268	27.8
Colaboraciones internacionales	423	43.9

Fuente: Informe 2012 del IBt.

El mayor porcentaje de colaboración del instituto se origina con IES internacionales (tabla 2.11), que es indicativo de la calidad de la investigación del centro. En segundo lugar se sitúan las colaboraciones con otras entidades pertenecientes a la UNAM, lo cual nos indica que los proyectos de investigación en los que participa el IBt son interdisciplinarios, que expone el alto grado de complejidad de proyectos.

2.3.8 El IBt y la vinculación con la Industria

El instituto mantiene vinculación de diferentes tipos con el sector productivo, un tipo de vinculación de bajo grado de complejidad es la que se desarrolla a través de los servicios técnicos que ofrece el Instituto (Tabla 2.12).

Tabla 2.12 Servicios técnicos ofrecidos por el IBt

N°	Servicios que ofrece el IBt
1	Laboratorio Nacional de Microscopía Avanzada
2	Laboratorio Universitario de Proteómica
3	Unidad Universitaria de Secuenciación Masiva de DNA
4	Unidad de Escalamiento y Planta Piloto
5	Unidad de Síntesis y Secuenciación de ADN
6	Unidad Universitaria de Apoyo en Bioinformática
7	Laboratorio de Producción de Roedores Transgénicos

Fuente: Elaboración propia con información de www.ibt.unam.mx [consultado el 2 de marzo 2014]

Los servicios técnicos que ofrece el Instituto son altamente especializados y muchos de ellos son requeridos únicamente por la industria, como es el caso de la planta piloto y de escalamiento.

Existen diferentes modalidades de vinculación con la industria y cada forma tiene un grado de complejidad. Los convenios de licenciamiento y transferencia tecnológica son de las modalidades más complejas y también las más beneficiosas para el sistema de innovación porque fortalecen al conjunto y además permiten que los CI generen recursos; en la tabla 2.13 se enlistan los convenios de este tipo que mantiene vigentes el IBt según su informe 2012.

Otra modalidad de vinculación que puede ser categorizada compleja, es por medio de los convenios de colaboración y desarrollo tecnológico, el IBt en su informe 2012 declara mantener 21 convenios vigentes que pertenecen a este tipo. Estos convenios son de diferente índole, de los cuales, un porcentaje considerable son con empresas farmacéuticas biotecnológicas. En 2011 el IBt firmó un convenio de colaboración con la empresa de origen mexicano Silanes, para el desarrollo de productos bioterapéuticos a base de péptidos. Cabe destacar que dicha empresa es una de las más importantes a nivel nacional.

La empresa Probiomed, una de las empresas pioneras en México en el desarrollo de medicamentos biosimilares, actualmente desarrolla el proyecto denominado: Desarrollo de un proceso biotecnológico para la producción de Carboxipeptidasa B recombinante, en colaboración con el IBt por medio de un convenio firmado en 2012.

El instituto también mantiene un convenio de colaboración con Boehringer Ingelheim desde 2009 para establecer las normas y principios generales que regirán la colaboración de las partes

en diversas áreas de la biotecnología y con Pioneer Hi Bred Int. Inc. para ampliar y avanzar en estudios del modo de acción y mejoramiento de proteínas insecticidas Bt. La vinculación que establece el instituto con empresas internacionales como las anteriores es un indicador de las capacidades científicas con las que cuenta el IBt.

Otro tipo de convenios de colaboración y desarrollo tecnológico son lo que mantiene el IBt con organizaciones diferentes a las empresas, entre ellas, universidades y CI nacionales e internacionales, por ejemplo con el CINVESTAV y la Universidad Católica de Leuven (Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie v.z.w).

Tabla 2.13 Convenios de Licenciamiento y Transferencia de Tecnología del IBt 2009-2012

Nº	Convenio	Empresa	Año
1	Convenio de Transferencia y Licenciamiento de Tecnología teniendo como objeto la transferencia de la UNAM a SILANES de la tecnología consistente en la Biblioteca de clonas, así como el otorgamiento de una licencia para el uso interno, no comercial de las clonas comprendidas en la Biblioteca de clonas y de las Solicitudes de patente.	Laboratorios Silanes, S.A. de C.V.	2012
2	Convenio de Licenciamiento para que LA UNAM y UBC otorguen una licencia a Bioniche sobre la tecnología basada en factores de virulencia de E. coli .	Bioniche Life Sciences Inc. Canadá	2012
3	Convenio de Licenciamiento de Tecnología para que LA UNAM a través de EL IBT, le otorgue a COMEXTBIO una licencia de sus derechos e intereses sobre LA TECNOLOGIA, las CEPAS, la PATENTE, y la FORMULACION, para su uso y/o explotación comercial en el TERRITORIO.	Corporación Mexicana de Transferencia de Biotecnología, S.A. de C.V. México	2012
4	Convenio de Licenciamiento de Tecnología para que LA UNAM a través de EL IBT, le otorgue a AGRO&BIOTECNIA una licencia de sus derechos e intereses juntamente con una sublicencia de los derechos e intereses del CIAD sobre LA TECNOLOGIA y LA CEPA”.	AGRO&BIOTECNIA, S. de R.L. MI. México.	2012
5	Convenio de Transferencia de Tecnología para la producción de Carboxipeptidasa B recombinante.	PROBIOMED, S.A. de C.V.	2012
6	Convenio de Licenciamiento para otorgar a DEBIOPHARM una licencia única y exclusiva, en y sobre el Compuesto Autorizado para desarrollar, manufacturar y comercializar el Producto de conformidad con las Patentes y el Know-how de la UNAM.	DEBIOPHARM, S.A.	2010
7	Convenio de Licenciamiento sobre investigación para hacer sus áreas respectivas de experiencia para ampliar y avanzar en estudios del modo de acción y mejoramiento de proteínas insecticidas Bt, más allá de la tecnología CryMod.	Pioneer Hi-Bred Int. Inc.	2009
8	Convenio de Licenciamiento de un sistema de diagnóstico de la influenza AH1N1.	Biodetecta, S.A. de C.V.	2009
9	Convenio de Licenciamiento de la Patente PCT/EP99/07913. GMBH	Basf Plant Science Co.	2009

Fuente: Elaboración propia con información del Informe de actividades del IBt 2012

Los convenios que mantiene el IBt con IES extranjeras son para el intercambio de material biológico y acceso a las bases de datos en su mayoría. Actualmente son 35 los convenios firmados con estas instituciones y se presentan de dos tipos: los primeros, en donde el IBt

transfiere el material biológico a otras instituciones y los del segundo tipo son aquellos en los que es recibido, estos últimos son los que representan un mayor porcentaje. Este intercambio de material biológico no representa un tipo de vinculación como tal, pero sí le da solidez al Instituto, ya que lo mantiene en estrecha comunicación con CI de nivel internacional.

2.3.9 Líneas de Investigación del Instituto de Biotecnología

Como ya se mencionó, una de las modalidades de vinculación más complejas es la transferencia de tecnología y una forma de protegerla es por medio de las patentes; el IBt cuenta actualmente con 56 títulos patentes, de los cuales 35 fueron otorgadas en México y veintiuno en el extranjero. Las patentes que están en trámite son 106 y son solicitudes nacionales, extranjeras y por PCT. Las áreas de desarrollo de estas patentes son muy diversas, pero en el año 2012 los desarrollos estuvieron orientados principalmente a los antivenenos. En años anteriores, se observó una tendencia hacia los temas vegetales y mejoramiento de cepas de microorganismos.

Tabla 2.14 Líneas de Investigación primarias en el Instituto de Biotecnología de la UNAM

	Nombre
Líneas de investigación	Activación y regulación de la respuesta inmune
	Bioinformática
	Biología molecular, biología celular y bioquímica de parásitos
	Biología y epidemiología molecular de virus y bacterias
	Biología molecular y biotecnología de plantas
	Biología molecular y celular de animales
	Desarrollo y consolidación metodológica en biología molecular
	Estructura función y manipulación de péptidos y proteínas
	Genética y biología molecular de la interacción de microorganismos y plantas
	Genética del desarrollo y fisiología molecular
	Genética y proteómica de microorganismos y su interacción con células animales y vegetales
	Ingeniería celular
	Ingeniería y tecnología de enzimas
	Ingeniería y tecnología de las fermentaciones y del cultivo celular
	Medicina molecular
	Microbiología molecular e industrial
	Neurobiología celular y molecular
Optimización e integración de procesos	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en la página oficial del Instituto

Los títulos y solicitudes de patentes que ostenta el Instituto están estrechamente relacionados con las líneas de investigación, ya que a partir de los resultados finales de las investigaciones o

de los resultados intermedios son identificados aquellos procesos que tienen un posible interés comercial y son susceptibles a ser protegidos con un título de propiedad industrial (patente). En la tabla 2.14 se muestran las líneas globales de investigación de IBt, estas a su vez se descomponen en un número mucho mayor con objetivos muy específicos. Dentro de las líneas se encuentran algunas relacionadas con los medicamentos biotecnológicos, pero son un número limitado.

2.3.10 Secretaría Técnica de Gestión y Transferencia Tecnológica del IBt

La Secretaría Técnica tiene como objetivo general asistir a la comunidad académica del Instituto de Biotecnología con las siguientes tareas: apoyo a la producción de tecnología biológica competitiva (mediante la protección de los derechos de propiedad industrial de los desarrollos generados), promoviendo y facilitando la vinculación con el sector productivo; apoyo a la generación de conocimiento (mediante la gestión de financiamiento para los proyectos de investigación y desarrollo); apoyo a la consolidación del personal académico (por medio de la gestión de financiamiento para realizar estancias fuera del Instituto) y apoyo al crecimiento de la comunidad académica, a través de la incorporación de nuevos investigadores.

Entre las principales gestiones realizadas durante 2013 están:

- I. La redacción y realización de gestiones para la presentación de cuatro solicitudes nacionales de patente. Así mismo, la gestión para el otorgamiento de tres patentes mexicanas y cuatro más en el extranjero (dos en Estados Unidos, una en Japón y una en Israel)
- II. La negociación, estructuración, elaboración y firma de treinta y seis convenios o instrumentos consensuales con empresas e instituciones nacionales y extranjeras para el inicio o continuación de proyectos de investigación y desarrollo, así como para la transferencia de materiales biológicos y/o confidencialidad.
- III. La presentación de 125 solicitudes de apoyo a proyectos de investigación individual y conjunta, a estancias de investigación y a la organización de eventos académicos, ante el CONACyT, la DGAPA/UNAM y diversos organismos nacionales e internacionales, formalizándose 90 apoyos.

IV. La gestión de seis trámites migratorios en apoyo al personal académico extranjero del Instituto.

2.4 Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV)

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) fue creado por decreto presidencial en los inicios de los años sesentas e inicialmente planificado como departamento de posgrados del Instituto Politécnico Nacional, adquirió autonomía jurídica, administrativa y presupuestaria el 17 de septiembre de 1982 por decreto del entonces presidente José López Portillo¹⁶.

Las áreas que se instruyen en la CINVESTAV son las siguientes:

- Ciencias Exactas y Naturales (CEN)
- Ciencias Biológicas y de la Salud (CBS)
- Tecnología y Ciencias de la Ingeniería (TCI)
- Ciencias Sociales y Humanidades (CSH)

2.4.1 Organización Académica del CINVESTAV

La formación de recursos humanos, así como la investigación científica y tecnológica original que se desarrolla en la institución, están organizadas en estructuras académicas: unidades, departamentos, secciones y laboratorios.

El Centro dispone de nueve unidades académicas, dos en el Distrito Federal y siete distribuidas en el resto del país, en las ciudades de: Guadalajara, Mérida, Querétaro, Irapuato, Saltillo, Monterrey y Ciudad Victoria¹⁷.

En la sede Zacatenco se localizan los departamentos de: biología celular; biomedicina molecular; bioquímica; biotecnología y bioingeniería; Infectómica y patogénesis molecular; física; química; fisiología, biofísica y neurociencias; genética y biología molecular; ingeniería eléctrica; computación; control automático; matemática educativa; matemáticas; farmacología;

¹⁶ GulfBase.org. Centro de Investigación y Estudios Avanzados Unidad Mérida (CINVESTAV) [Consultado el 24 de septiembre de 2013].

¹⁷ La información completa del CINVESTAV se encuentra en el Anexo 2

toxicología y; en la sede sur, los departamentos de farmacobiología e investigaciones educativas.

Tabla 2.15 Principales Características Organizacionales del CINVESTAV

Característica	Descripción
Misión	Desde su creación en 1961, la misión del Cinvestav es la de contribuir de manera destacada al desarrollo de la sociedad, mediante la investigación científica y tecnológica de vanguardia y la formación de recursos humanos de alta calidad.
Visión	Ser la institución líder en la formación de investigadores de alto nivel y generación de conocimiento científico y tecnológico de frontera, con un creciente impacto nacional e internacional que contribuya en forma visible y relevante a la solución de problemas del país ampliando nuestra presencia en la sociedad y en la cultura contemporánea.
Valores	El Trabajo científico requiere cada vez más compromiso con el mejoramiento social y la salud humana, así como del entorno ecológico. Por esta razón, los estudiantes que se forman como investigadores, deben tener un alto sentido ético y de servicio a la sociedad y su entorno, puesto que su trabajo los afecta.
Objetivos	Objetivo general 1: Formar recursos humanos de alto nivel académico, mediante la aplicación de programas de maestría y doctorado de la mejor calidad académica, en las disciplinas que actualmente se cultivan en la institución, promoviendo además el desarrollo de nuevos campos estratégicos. Objetivo general 2: Desarrollar e impulsar investigación científica básica, aplicada y tecnológica de excelencia a través de proyectos multidisciplinarios, interinstitucionales, de largo alcance y de alto impacto para la comunidad científica nacional e internacional y para la sociedad en general.

Fuente: Elaboración propia con información del Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006–2012 Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. <http://www.cinvestav.mx> [Consultado el 15 de enero 2015]

En Guanajuato, se encuentra la Unidad Irapuato, con los departamentos de biotecnología y bioquímica e ingeniería genética de plantas, así como el laboratorio nacional de genómica para la biodiversidad vegetal y microbiana; en Coahuila, la unidad Saltillo, dedicada a las ingenierías metalúrgica y cerámica, también es sede del programa de robótica y diseño interactivo; en Jalisco, la unidad Guadalajara está dedicada a la ingeniería eléctrica, electrónica y ciencias de la computación e informática; en Querétaro, la unidad Querétaro se desarrolla investigación en materiales; en Yucatán, la unidad Mérida aloja a los departamentos de ecología humana, física aplicada y recursos del mar; en Nuevo León, la unidad Monterrey desarrolla los programas de biomedicina, física médica, Imagenología y en las ciencias de la educación básica; en Tamaulipas se encuentra el laboratorio de tecnologías de la información y las comunicaciones y en Tlaxcala se cuenta con un laboratorio de reproducción animal.

En el CINVESTAV se ofrecen 56 programas de posgrado: 28 de maestría en ciencias (50%) e igual número de doctorado en ciencias, todos reconocidos y clasificados dentro del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) de la siguiente forma: 27 como competentes a nivel internacional (48%), de ellos, 12 (44%) de maestría en ciencias (44%) y 15 (56%) de doctorado en ciencias (56%); 21 se mantienen como consolidados (38%); 4 se ubican en Desarrollo (7%), y 4 de reciente creación (7%). Con los 27 programas de posgrado competentes a nivel internacional, el Centro se mantiene como la institución nacional con el mayor número de posgrados de competencia internacional.

2.4.2 Producción científica del CINVESTAV

Los investigadores de la institución publicaron 1,328 artículos en revistas científicas indexadas durante 2011, lo que representa un incremento de 11.4 por ciento con respecto al año anterior y de 36.1 por ciento respecto al año 2007, como se muestra a continuación:

Tabla 2.16 Producción de Artículos Nacionales e Internacionales del CINVESTAV 2007-2011

Artículos publicados / Año	2007	2008	2009	2010	2011	Variación 2007-2011
En Revistas con factor de Impacto	741	854	840	929	1,101	+48.6%
En Revistas Internacionales o nacionales	206	196	214	216	176	-14.6%
Artículos de Revisión	29	29	49	47	51	+75.7%
Total	976	1,079	1,103	1,192	1,328	*36.1%

Fuente: Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006–2012 Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. <http://www.cinvestav.mx>

En el transcurso del año 2011, estuvieron en operación 564 proyectos de investigación científica y tecnológica, mismos que recibieron apoyo financiero de diversas agencias e instituciones nacionales e internacionales, lo que representa un incremento de 22.1 por ciento con respecto a lo reportado en 2010 (462) y de 6.6 por ciento por encima del 2007 (529). Los proyectos que estuvieron en operación en el período 2007-2011 según el área de investigación se desglosan en las siguientes tablas:

Tabla 2.17 Proyectos de investigación en desarrollo del CINVESTAV 2007-2011

Área/Año	2007	2008	2009	2010	2011
Ciencias Exactas y Naturales	114	111	111	88	101
Ciencias Biológicas y de la Salud	183	188	193	192	213
Tecnología y Ciencias de la Ingeniería	213	225	228	167	239
Ciencias Sociales y Humanidades	19	17	17	14	20
Total	529	541	549	462	564

Fuente: Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006 – 2012 Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. <http://www.cinvestav.mx>

2.4.3 Personal Académico del CINVESTAV

Entre 2007 y 2011 el número total de investigadores miembros del Sistema Nacional de Investigadores se incrementó en 45 investigadores, equivalente a 10.8 por ciento. Es importante destacar que los miembros en los niveles II y III respecto al total de investigadores del mismo año fue, para 2007, de 53.0 por ciento, mientras que para 2011 fue de 61.7 por ciento, lo que refleja un incremento sustantivo en los niveles II y III de este Sistema. Esto muestra que la planta académica es madura y productiva con líderes en muchas disciplinas. El contacto de los estudiantes con estos investigadores es muy enriquecedor. La proporción del número de investigadores inscritos en el SNI, respecto del total de la planta de investigadores del CINVESTAV en el período 2007-2011, se muestra a continuación

Tabla 2.20 Membresía en el Sistema Nacional de Investigadores del CINVESTAV 2007-2011

Año	2007	2008	2009	2010	2011
Planta Académica	601	602	610	630	646
Inscritos en el SIN	511	541	554	555	566
Porcentaje de pertenencia	85.0%	89.9%	90.8%	88.1%	87.6%

Fuente: Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006–2012 Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. <http://www.cinvestav.mx>

En la promoción 2010 del Sistema Nacional de Investigadores, 566 investigadores del Cinvestav formaban parte del SNI. Esto representa el 87.6 por ciento del total.

Dentro del área de biología y medicina hay cuatro departamentos que cuentan con líneas de investigación enfocadas a la biotecnología las cuales son: farmacología, farmacobiología, biotecnología y bioingeniería, biomedicina molecular. Englobando las líneas de investigación de estos cuatro departamentos tenemos un total de 62 líneas de investigación relacionadas con la biotecnología de forma directa.

Tabla 2.21 Departamentos del CINVESTAV por área del conocimiento

Ciencias Exactas	Biología y medicina	Ingeniería	Ciencias Sociales
Matemáticas	Fisiología	Ciencia de materiales	Investigación de la educación
	Bioquímica	Robótica	Educación de las ciencias
	Biología molecular		
	Genética	Ingeniería electrónica	
Física	Biomedicina	Control automático	Matemáticas educativas
	Biotechnología y bioingeniería	Telecomunicaciones	Ecología humana
	Terapia génica		
	Patología		
Química	Farmacología	Tecnologías de la información	Metodología de la ciencia
	Toxicología	Mecatrónica	
	Biología marina		
	Farmacobiología		

Fuente: Elaboración propia.

2.4.4 La Subdirección de Vinculación del CINVESTAV

El Cinvestav establece a través de esta subdirección vínculos de tipo comercial con diversas instituciones del sector gubernamental, privado, empresas y personas físicas a través de una serie de convenios respaldados de manera legal. Dentro de estos convenios destacan: marcos de colaboración específicos, confidencialidad, prestación de servicios, cesión de derechos, transferencia de material biológico, licenciamientos, regalías, transferencia de tecnología y coedición.

El CINVESTAV ofrece servicios técnicos enfocados a las siguientes industrias: industria química y farmacéutica, industria de materiales, industria del mar, industria electrónica, industria minera y cerámica, unidad de producción y experimentación de animales de laboratorio (UPEAL) y servicios genómicos.

2.5 El Centro de Biotecnología FEMSA (CB-FEMSA)

El Centro de Biotecnología del ITESM es una institución creada en sociedad entre la Fundación de la empresa Fomento Económico Mexicano S.A.B. de C.V. (Fundación FEMSA) y el ITESM y se le conoce como el Centro de Biotecnología FEMSA del ITESM. Este centro está localizado en la ciudad de Monterrey N.L. y se pretende convertir en un centro de investigación regional. El centro integra a investigadores de distintos departamentos académicos para ensamblar grupos de investigación interdisciplinarios y multidisciplinarios.

2.5.1 Características Organizacionales del CB-FEMSA

El CB- FEMSA cuenta con un objetivo principal; desarrollar investigación aplicada en áreas biológicas con el fin de generar e implementar tecnologías sustentables¹⁸. De este primer objetivo se desprenden otros tres que son los siguientes:

- Producir bienes y servicios utilizando células, microorganismos, animales y vegetales
- Formar recursos humanos especializados en diseñar y aplicar procesos biotecnológicos
- Materializar la ciencia a través del desarrollo tecnológico para convertirla en oportunidades de negocio que generen valor para la sociedad.

Los objetivos del centro son precisos y están en concordancia con la misión y objetivos de la institución a la que pertenece, es decir el ITESM. El último de ellos es el que distingue de forma significativa al centro del resto de los analizados, ya que se acerca de forma importante a los objetivos planteados por el enfoque de los sistemas de innovación y las funciones de la esfera científica en la vinculación universidad-industria, es decir, la investigación está centrada no sólo en la generación de conocimiento, la publicación de artículos científicos y la preparación de recursos humanos a nivel de excelencia, sino también en la generación de patentes, soluciones tecnológicas para la industria, transferencia de tecnología y en la generación de incubación de nuevos negocios de base tecnológica. El área de investigación del Centro de Biotecnología FEMSA está definida como prioritaria para la institución. Esta área estratégica agrupa las disciplinas de tecnologías de alimentos, bioingeniería e ingeniería biofarmacéutica y cuenta con ocho cátedras de Investigación.

El programa de cátedras de investigación es implementado para fortalecer las líneas de enfoque dentro del ITESM. En dichas cátedras se reúnen especialistas de distintas disciplinas para apoyar la línea de enfoque. Las cátedras están integradas por un director, tres profesores colaboradores, estudiantes de post doctorado, estudiantes de doctorado, maestría y pregrado. Siete de estas cátedras de investigación operan en el Campus Monterrey y forman el Grupo de Investigación Multicátedra llamado “Alimentos, Bioprocesos y Fármacos”, que realiza investigación colaborativa con fondos adicionales a los fondos que cada cátedra de

¹⁸ Página oficial de la Fundación FEMSA www.fundacionfemsa.org/programasyproyectos/innocacion-tech. [consultada el 28 de noviembre de 2014]

investigación tiene para el desarrollo de sus actividades. La octava cátedra de investigación de esta área estratégica opera en el Campus Querétaro.

Tabla 2.22 Cátedras de Investigación de la División de Biotecnología y Alimentos

Desarrollos Bioterapéuticos	Identificación, caracterización y fraccionamiento de biomoléculas con potencial nutracéutico y diferentes aplicaciones médicas.
Alimentos Funcionales y Aditivos Alimentarios	Identificación de principios nutricionales activos en distintas fuentes alimentarias y extracción de los mismos para su uso industrial como aditivo alimentario.
Alimentos del Futuro	Búsqueda de nuevas propuestas de aplicaciones de frutas y otros vegetales para el mantenimiento y prevención de la salud.
Diseño Celular e Ingeniería de Reactores Biológicos	Diseño y manipulación genética de bacterias, levaduras, células de mamíferos, etc., y sus requerimientos en sistemas escalables para la reproducción y propagación de organismos y moléculas de uso industrial.
Bioingeniería y nanobiopartículas	Sistemas biológicos de bioseparaciones en procesos downstream de extracción y purificación de biomoléculas y nanopartículas.
Nanotecnología	Estudio de las propiedades bioquímicas y biofísicas de nanopartículas con aplicaciones en industria farmacéutica y de energía, entre otras.
Cátedra de Agrobiotecnología	Utilización de herramientas de ingeniería genética y genómica para mejoramiento de la productividad agrícola, diseño de alimentos biofortificados, y la utilización de plantas como reactores biológicos.
Cátedra de Tecnologías Intensivas de Producción	Diseño de tecnologías avanzadas para la producción vegetal intensiva en invernaderos y sus sistemas de ingeniería de apoyo.
Cátedra Evaluación de tecnologías para la producción de Biocombustibles a partir de organismos fotosintéticos	Tiene un alcance para el desarrollo de tecnología a nivel laboratorio, planta piloto demostrativa, y escala comercial

Fuente: Elaboración propia con información de la página del Centro de Biotecnología FEMSA. <http://dba.mty.itesm.mx/investigacion/centros/biotecnologia>. [Consultado el 20 de enero 2014]

2.5.2 Inversión, infraestructura y servicios del CB-FEMSA

La inversión en infraestructura, equipamiento, laboratorio, plantas pilotos y espacios interactivos en el Centro asciende a más de 60 millones de dólares. Dicha inversión tiene como objetivo generar innovaciones en biología sintética, proteómica e ingeniería metabólica, biofarmacéutica, nutrigenómica, biotecnología energética y agricultura molecular, entre otras. Se ha tratado de establecer un modelo diferente de organización en donde la generación de tecnologías es una prioridad y estas originan proyectos en las incubadoras de empresas o *spin offs*.

El CB-FEMSA no cuenta con un presupuesto fijo debido a que la inversión proviene en un 80% de los proyectos que se realizan y que son financiados en su totalidad por las empresas dueñas de los proyectos. Adicionalmente, instituciones gubernamentales como CONACyT y SSA, realizan aportaciones al centro (por medio de los programas de posgrado y los proyectos).

El centro trabaja por medio de células de investigación conformadas por un investigador líder (generalmente miembro el SIN), investigadores asociados y estudiantes de diversos niveles educativos (licenciatura, maestría y doctorado).

El ITESM ha generado un modelo de transferencia tecnológica específico para el área, que pone en el centro la vinculación universidad-industria. El modelo está caracterizado por el acoplamiento de la Escuela de Agro-Negocios de la institución, en donde se generan especialistas en la generación de oportunidades de negocio y gestores tecnológicos especializados biotecnología.

Los servicios para el proceso de transferencia de tecnología que el CB-FEMSA ofrece son los siguientes: la innovación de productos, calidad e inocuidad alimentaria, procesamiento, análisis y microbiología de alimentos, diagnósticos nutrimentales, sanidad, entre otros.

2.5.3 Principales líneas de investigación del CB-FEMSA

El Centro se encuentra en una fase de crecimiento por lo que tiene una limitada lista de líneas de investigación, no obstante de ellas se desprenden más de 200 proyectos. La línea de investigación de biotecnología farmacéutica ha promovido la vinculación con empresas farmacéuticas nacionales e internacionales como son Silanes, Probiomed y Novartis.

Tabla 2.23 Principales líneas de Investigación del CB-FEMSA

Principales líneas de investigación del CB-FEMSA	Alimentos Funcionales y Nutrigenómica Diseño de Alimentos y Biomateriales
	Desarrollo de Bioterapéuticos Biofármacos y Nutraceuticos
	Ingeniería de Bioreactores y Metabólica Cultivo de Tejidos y Escalamientos Biológicos
	Bioingeniería y Nanobiopartículas Extracción y Purificación de Bioproductos
	Agrobiotecnología Ingeniería Genética de Microorganismos y Plantas
	Diseño Molecular y Bioenergía Bioenergéticos Renovables
	Uso sustentable del agua Filtros biológicos

Fuente: Elaboración propia con información de la página oficial de la Fundación FEMSA

2.5.4 Proyectos y producción científica del CB-FEMSA

Las líneas de investigación y los proyectos del CB-FEMSA están enfocados al desarrollo de *nutracéuticos*¹⁹, pero entre sus proyectos exitosos se encuentra el diseño de la vacuna contra la influenza A H1N1 en el 2009.

Los siguientes proyectos pertenecen a la línea de investigación designada como desarrollo de bioterapéuticos, biofármacos y nutracéuticos, las cuales son de máxima prioridad para el Centro:

- Estudio de los mecanismos fisiológicos y moleculares que gobiernan la producción de glucosinolatos y compuestos fenólicos en brócoli (*Brassica Oleracea L. CV. Itálica*) sometido a distintos estreses abióticos postcosecha
- Estudio de las bases moleculares que gobiernan la separación de proteínas plegadas en soportes cromatográficos modificados
- Efectos de la suplementación de Vitamina D
- *Nutracéuticos* en brócoli y Kale (estudio de mecanismos de estabilización de principios activos amorfos usando microscopía Raman y Calorimetría)

El CB-FEMSA en sus primeros 15 años de existencia, ha aumentado de forma importante su producción científica, en el 2009 contaba con la publicación de 250 artículos en revistas indexadas de alto impacto, tres libros publicados, doce capítulos de libros, más de 70 alumnos graduados de maestría y 7 de doctorado.

2.5.5 Personal académico del Centro de Biotecnología

La planta académica está constituida por 30 investigadores de los cuales 70% pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Es importante precisar que el área del conocimiento a la que pertenece el Centro es la que presenta un mayor número de investigadores en la institución.

¹⁹ Palabra derivada de nutrición y farmacéutico, hace referencia a todos aquellos alimentos que se proclaman como poseedores de un efecto beneficioso sobre la salud humana.

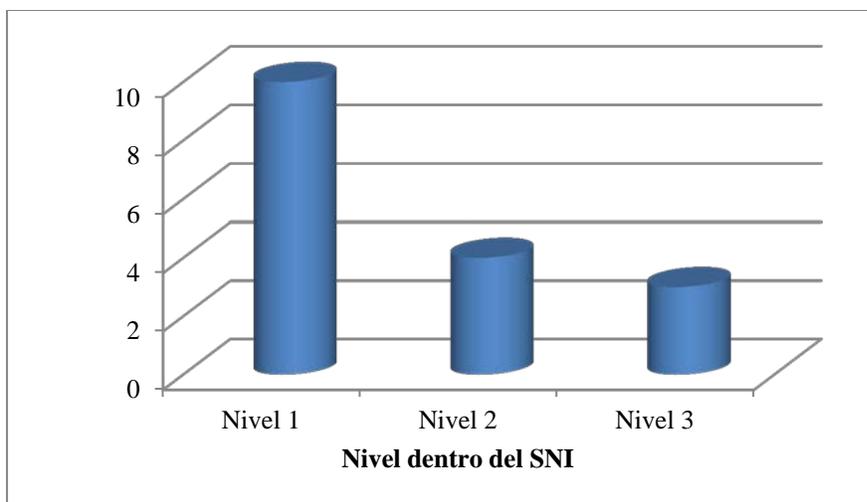


Figura 2.2 Investigadores del CB-FEMSA en el SNI 2014. Fuente: elaboración propia

2.5.6 El Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Investigación Científica

El ITESM es hoy en día una de las universidades privadas más importante de México, fundada en 1943 por el empresario regiomontano Eugenio Garza Sada quien era presidente del *holding*²⁰, Valores industriales S.A. de C.V.

En el 2002 el ITESM implementó una modalidad de enseñanza denominada cátedra científica, que está dirigida a las áreas prioritarias de investigación que la institución y sus dirigentes han establecido, dos áreas de interés para la investigación son Biotecnología y los Alimentos y el área de Salud.

Las cátedras científicas tienen como objetivo el formar grupos de trabajo científicos de los cuales surjan proyectos de investigación que tengan como finalidad la vinculación y/o la creación de empresas por parte de sus integrantes. La institución ha incorporado la tercera misión de las universidades como agente generador de riqueza.

El modelo de las cátedras de investigación es caracterizado por la investigación colaborativa en la que participan 18 personas en promedio: 1 profesor titular, 4 profesores adscritos, 12 alumnos investigadores de doctorado, maestría y licenciatura, y un investigador posdoctoral.

²⁰ Sociedad financiera que posee la mayoría de acciones y lleva la administración de un conjunto de empresas que se dedican a diversas actividades económicas o industriales.

Tabla 2.25 Cátedras de investigación impartidas en el ITESM

Campus	Número de cátedras
de Investigación	
Monterrey	73
Estado de México	13
Ciudad de México	12
Guadalajara	9
Toluca	5
Querétaro	5
Santa Fe	3
Cuernavaca	2
Universidad Virtual	2
Morelia	1
Chihuahua	1
Total	126

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del informe anual del Tecnológico de Monterrey 2012

2.5.7 Oficina de Transferencia de Tecnología del ITESM

La Oficina de Transferencia de Tecnología (OTT) surge a partir de la necesidad de proteger las innovaciones desarrolladas por los académicos, investigadores y estudiantes del ITESM, además de regular los procesos relacionados con la transferencia de tecnología. Actualmente el ITESM cuenta con una red de 11 oficinas de Transferencia Tecnológica que le dan servicio a sus diferentes campus.

La OTT realiza diversas actividades entre las que se encuentran: la redacción y trámite de patentes, asesoría y elaboración de convenios de colaboración y transferencia tecnológica, estudios de mercado y validación de tecnologías, promoción de las tecnologías desarrolladas y capacitación en temas de propiedad intelectual y transferencia de tecnología (Tabla 2.26).

Una característica importante que define al sistema ITESM es la cultura emprendedora, por lo que las OTT han incluido programas para fomentar el desarrollo de *spin offs*, ejemplo de ellos es el programa *células de incubación de base tecnológica*, el cual tiene como objetivo que los estudiantes de doctorado, además de realizar los estudios correspondientes, desarrollen una empresa por medio de la observación de necesidades específicas del mercado. Con este programa, el estudiante se incorpora a una cátedra de investigación y, con el apoyo de su profesor asesor, define el proyecto de incubación a partir del observatorio de oportunidades, convirtiéndose así en el líder de una *célula de incubación* para establecer una empresa de base tecnológica.

Tabla 2. 26 Principales Características de la OTT del ITESM campus Monterrey

Principales características	
Objetivos	Proteger las innovaciones desarrolladas en las Cátedras de Investigación
	Transferir la tecnología generada en el Tecnológico de Monterrey
	Investigación de mercados y validación de las tecnologías desarrolladas en el Tecnológico de Monterrey
	Capacitación en temas de propiedad intelectual y transferencia de tecnología que requieren los inventores
	Promoción e impulso de las tecnologías desarrolladas
Misión	Definir los Modelos de Gestión y Transferencia de Tecnología de la Propiedad Intelectual del Tecnológico de Monterrey y su vinculación con el sector empresarial, promoviendo así una cultura emprendedora y de competitividad en la comunidad, motivando el desarrollo sustentable, económico y social de nuestro país.
Visión	Ser la Oficina de Transferencia de Tecnología más reconocida a nivel nacional por los servicios de registro de propiedad intelectual y de licenciamiento de innovaciones tecnológicas

Fuente: Página de la Oficina de Transferencia Tecnológica del ITESM. <http://ott.mty.itesm.mx/4.html>. [Consultada el 5 de marzo 2015].

El desarrollo de las *células de incubación* utiliza el modelo de transferencia tecnológica que contempla la participación de cuatro enfoques fundamentales; universidad, emprendedores, gobierno e inversionistas. Dicho modelo es contemplado en todos los proyectos.

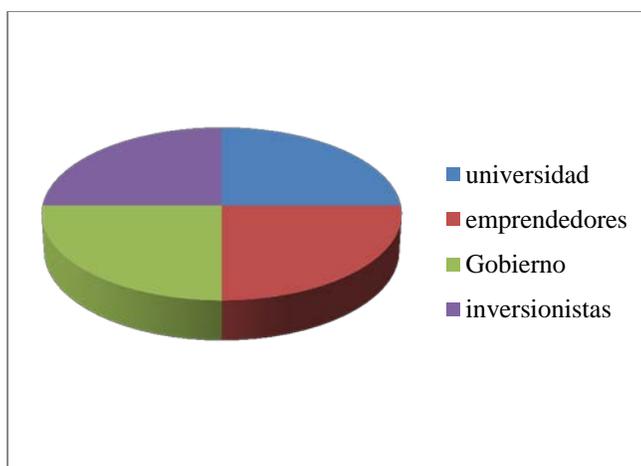


Figura 2.3 Modelo de Transferencia Tecnológica del ITESM. Fuente: Página oficial de la Oficina de transferencia Tecnológica del ITESM

Cada sector involucrado en la transferencia tecnológica contribuye con elementos clave:

- A. Los emprendedores, que contribuyen con la estrategia legal, el modelo transferencia de tecnología, las licencias tecnológicas, la capacitación y la consultorías.

- B. El Gobierno participa a través de CONACyT y otras agencias otorgando financiamiento por medio de los programas de fondos y apoyos al desarrollo de proyectos.
- C. Los Inversionistas contribuyen con el capital de riesgo necesario para la realización del proyecto, se busca la inversión de tipo Venture capital, Ángeles Capital²¹ y clubes de inversionistas.
- D. La Universidad gestiona la redacción de patentes, el registro de marcas, estudios de mercado y todo lo relativo a los activos intangible del proyecto.

Conclusiones

Existen un número importante de institutos, centros y departamentos que realizan investigación en México. De estos se seleccionaron tres especializados en el área de la biotecnología para su análisis, estos son: el Instituto de Biotecnología de la UNAM, el CINVESTAV y el Centro de Biotecnología-FEMSA del ITESM.

Los centros se localizan dentro de la clasificación que se muestra a continuación: dinamizadores, consolidadores, difusores y receptores. Los más importantes y los que son de interés para el sistema de innovación porque fortalecen y generan vinculación con el sector productivo del tipo más complejo son los dinamizadores, los cuales tienen las siguientes características²²:

- 1) tienen mayor capacidad de generar descubrimientos científicos y nuevos métodos y técnicas para resolver problemas biotecnológicos*
- 2) cuentan con investigadores con un grado de especialización elevado*
- 3) disponen de equipos de trabajo interdisciplinarios y realizan proyectos colectivos*
- 4) mantienen comunicación directa y permanente con centros internacionales de excelencia y desarrollan proyectos en colaboración con instituciones del extranjero*
- 5) concentran la mayor parte del financiamiento nacional destinado a la investigación.*

²¹ El capital riesgo o capital emprendedor (como es conocido en Hispanoamérica; en inglés: venture capital (VC)) es un tipo de operación financiera a través de la cual se facilita con capital financiero a empresas start up con elevado potencial y riesgo en fase de crecimiento.

²² Guadarrama R. "Institucionalización de la biotecnología en México. Estrategia y perspectiva de desarrollo", en M.A. Campos, *Política científica e innovación tecnológica en México: retos para la Universidad*, IIMAS, UNAM, México, 1992.

El análisis arrojó información de las capacidades científicas, tecnológicas y de innovación de cada uno de los centros, los cuales contribuyen de manera significativa a generación de conocimiento en el área y a la generación de innovaciones. En la tabla 2.27 se muestra un resumen de las capacidades de los centros analizados.

Los centros (IBt, CINVESTAV, CB-FEMSA) presentan diversas capacidades, algunas representan fortalezas para los centros y otras representan puntos que deben ser mejorados, esto debido a diversos factores que se mencionaron a lo largo del capítulo, entre ellas se encuentra, las características organizacionales, situación jurídica, origen, origen de presupuestos, etc. En la Tabla 2.27 se comparan a los tres centros y sus capacidades.

La producción científica (artículos científicos, capítulos de libros, solicitudes de patentes, investigadores pertenecientes al SIN, etc.), indica que los centros han desarrollado una notable capacidad científica (principal objetivo de los CI) sin embargo, existe una considerable diferencia entre IBt y el CINVESTAV en comparación con el CB-FEMSA, ya que la infraestructura y planta académica son casi 10 veces mayor de los dos primeros.

Una de las fortalezas más importantes del IBt es su capacidad científica, con una planta académica que sobrepasa los 200 elementos (catedráticos y técnicos académicos) de los cuales más del 90% forman parte del Sistema Nacional de investigadores. La segunda fortaleza está relacionada con su infraestructura, el IBt cuenta con diferentes unidades que complementan la investigación, como son la planta piloto y la unidad de escalamiento, Bioterio, laboratorio de proteómica, etc.

El CINVESTAV tiene diversos departamentos que se encuentran divididos en cuatro áreas científicas (ciencias exactas, biología y medicina, ingeniería y ciencias sociales) El área de ciencias biológicas y de la salud destaca por su producción científica, desarrollos tecnológicos y el número de proyectos vinculantes que genera (aproximadamente la tercera parte del total de la producción del centro). De las actividades realizadas en el centro una cuarta parte está enfocada a desarrollos de biomedicamentos. Sin embargo, los servicios solicitados por las empresas son en su mayoría de asesoría técnica enfocados a la solución de problemas.

Tabla 2.27 Resumen de Capacidades del IBt, CINVESTAV y CB-FEMSA

Característica	IBt	CINVESTAV	CB-FEMSA
Tipo de institución	Centro perteneciente a una IES pública	Centro independiente	Centro perteneciente a una IES privada
Infraestructura	Instalaciones de 8000m ² ; laboratorios y equipo de uso común con valor superior a los 10 MDD y equipo obtenido por donaciones a los equipos de trabajo aproximado de 10 MDD	Cuenta con 12 departamentos del área biología y biomedicina en la sede Zacatenco y algunos más en las sedes foráneas	Un laboratorio multi funcional.
Equipamiento	Cuenta con 7 unidades de apoyo técnico y 4 laboratorios de apoyo técnico.	71 103 bienes con valor de 913 millones de pesos.	60 millones de dólares en equipamiento
Procedencia de ingresos	Tres fuente; presupuesto UNAM) gobierno federal), fondos institucionales, ingresos propios.	Tres fuente; Presupuesto Federal, fondos institucionales, ingresos propios.	Cuatro fuente; Ingresos por parte de ITSM, ingresos de la Fundación FEMSA, Ingresos institucionales e ingresos por vinculación
Investigadores en el SIN	113(personal académico y técnico)	*213	17 del personal académico
Grupos de investigadores y organización	46 grupos de investigación organizados en 5 departamentos	138 grupos en el de Ciencias biológicas y de la Salud	4 grupos de trabajo
Patentes otorgadas	68(40 nacionales y 28 en otros países)	*71 patentes nacionales	17 nacionales, internacionales y solicitadas en otros países
Patentes solicitadas	92 solicitudes nacionales, PCT y en otros países.	*269(124 nacionales, 33 PCT y 72 en otros países)	72 nacionales, internacionales y solicitadas en otros países
Convenios de licenciamiento y de transferencia y desarrollos tecnológicos	17 convenios de colaboración firmados entre 2009 y 2013	*67 desarrollos tecnológicos	8 desarrollos tecnológicos
Estructura de vinculación y transferencia	Secretaría técnica de gestión y transferencia de tecnología. Integrada por cuatro personas.	Subdirección con personal calificado en el área de transferencia tecnológica y patentes.	Oficina de Transferencia Tecnológica integrada por cuatro personas con personal especializado
Modelo de transferencia	No tiene un modelo definido, la secretaria de transferencia se enfoca en la redacción de patentes y contratos de vinculación y gestión de fondos y apoyos CONACyT.	Modelo flexible enfocado a dar servicios técnicos a las empresas principalmente.	Modelo bien definido que toma en cuenta cuatro áreas, gobierno, universidad, emprendedores e inversionistas; enfocado a la generación de <i>spin offs</i> .
Cultura organizacional	Formación de científicos de alto nivel desde licenciatura.	Formación de científicos de alto nivel en posgrado	Formación de científicos y emprendedores

Fuente: Elaboración propia.

* Los datos referidos son del todo el CINVESTAV y de acuerdo con la información proporcionada en las entrevistas testimoniales, la tercera parte corresponde al área de biotecnología.

Las debilidades encontradas en los dos centros (IBt y CINVESTAV) están relacionadas con la vinculación, la ausencia de programas institucionales así como la cultura emprendedora entre el personal académico y alumnado. La normatividad de ambas instituciones no contempla dichos procesos, lo que inhibe su construcción, no obstante el IBt cuenta con casos de *start ups* exitosos.

De las entrevistas complementarias podemos extraer que uno de los obstáculos para la vinculación en el IBt es la legislación en materia de derechos y protección de la propiedad industrial. Esto limita la generación de proyectos en conjunto con las empresas. La legislación universitaria determina que la propiedad industrial generada a partir de las investigaciones será propiedad de la UNAM²³.

En el CINVESTAV los académicos son empleados federales y están regidos por la normatividad correspondiente, situación que limita la posibilidad de generar empresas (*spin offs* o *start ups*) a partir de los resultados de la investigación que se generan.

En ambo casos (IBt y CINVESTAV) generan entre el 5 y 10% de sus recursos por medio de la vinculación con el sector productivo, cifra que se encuentra muy por debajo de los resultados del CB-FEMSA que obtiene un porcentaje que oscila entre 80 y el 90% de su presupuesto por esta misma vía.

La fortaleza más importante observada del CB-FEMSA es su modelo de transferencia tecnológica, el cual está estructurado y definido nítidamente, además de la flexibilidad en su legislación en materia de propiedad industrial, hecho que facilita la contratación de los servicios técnicos y científicos por parte de empresas y organizaciones nacionales e internacionales. El centro fue fundado por la fundación FEMSA y algunas otras empresas de alimentos y tenía como objetivo el desarrollar investigación y proyectos específicos para estas firmas, sin embargo, a la fecha el centro ha ampliado considerablemente la lista de las organizaciones a las que presta servicio.

²³ Información obtenida a partir de las entrevistas testimoniales realizadas.

Referencias

- CONACyT página oficial, <http://www.conacyt.gob.mx/ElConacyt/Paginas/default.aspx> [consultado el 23 de enero 2014]
- Decreto de creación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I. P. N. Diario Oficial de la federación, 6 de mayo de 1961. Diario Oficial de la Federación 24 de septiembre de **1982**.
- Estudio comparativo de la Dirección General Institucional de UNAM 2014. <http://www.execum.unam.mx> [consultado el 8 de mayo 2014]
- Guadarrama R. "Institucionalización de la biotecnología en México. Estrategia y perspectiva de desarrollo", en M.A. Campos, *Política científica e innovación tecnológica en México: retos para la Universidad*, IIMAS, UNAM, México, **1992**.
- Gómez, M. "The emergence of biotechnology-related Industries in México" *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, Vol. III, No. 2, pp. 37–55, diciembre de **2008**.
- GulfBase.org. Centro de Investigación y Estudios Avanzados Unidad Mérida (CINVESTAV) [Consultado el 24 de septiembre de 2013].
- Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2012. CONACyT. <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/estadisticas/publicaciones/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-tecnologia-2002-2011>. [Consultado el 12 de octubre 2014]
- Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación 2013. CONACyT. <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/estadisticas/publicaciones/informe-general-del-estado-de-la-ciencia-y-tecnologia-2002-2011>. [Consultado el 11 de octubre 2014]
- Informe Anual de Actividades del Instituto de Biotecnología 2010 <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/informes/Informe2010.pdf> [Consultado el 10 de marzo 2014]
- Informe Anual de Actividades del Instituto de Biotecnología 2011. <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/informes/Informe2011.pdf>. [Consultado el 6 de marzo 2014]
- Informe Anual de Actividades del Instituto de Biotecnología 2012 <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/informes/Informe2012.pdf>. [Consultado el 5 de marzo 2014]

- Informe Anual de Actividades del Instituto de Biotecnología 2013 <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/informes/Informe2013.pdf>. [Consultado el 5 de marzo 2014]
- Informe anual del Tecnológico de Monterrey 2009. <http://www.sitios.itesm.mx/webtools/Zs2Ps/infanual/2009.pdf>. [Consultado el 29 de octubre 2014]
- Informe anual del Tecnológico de Monterrey 2010. <http://www.sitios.itesm.mx/webtools/Zs2Ps/infanual/2010.pdf>. [Consultado el 25 de octubre 2014]
- Informe anual del Tecnológico de Monterrey 2011. <http://www.sitios.itesm.mx/webtools/Zs2Ps/infanual/2011.pdf>. [Consultado el 23 de octubre 2014]
- Informe anual del Tecnológico de Monterrey 2012. <http://www.sitios.itesm.mx/webtools/Zs2Ps/infanual/2012.pdf>. [Consultado el 29 de octubre 2014]
- Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006 – 2012 Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. http://www.cinvestav.mx/Portals/0/SiteDocs/Sec_Transparencia. [Consultado el 15 de enero 2015]
- *Institute for Scientific Information*, 2010, <http://thomsonreuters.com/en/products-services/scholarly-scientific-research.html>. [Consultado 18 de octubre 2014]
- Presupuesto UNAM 2012, <https://consejo.unam.mx/archivo-noticias-y-multimedia/comunicados-y-mensajes/272-presupuesto-unam-2012>. [Consultado el 10 de mayo 2014]
- Página oficial de la Fundación FEMSA www.fundacionfemsa.org/programasyproyectos/innocacion-tech. [Consultada el 28 de noviembre de 2014]
- Página oficial del CINVESTAV www.cinvestav.ipn.mx [Consultado el 26 de noviembre 2014]
- Página oficial del Centro de Biotecnología FEMSA. http://dba.mty.itesm.mx/investigacion/centros/biotecnologia_FEMSA/index.php. [Consultado el 20 de enero 2014] Página oficial del ITESEM. <http://www.itesm.mx/>. [Consultada el 19 de noviembre de 2013]
- Página oficial del Instituto de Biotecnología de la UNAM www.ibt.unam.mx [Consultado el 10 de abril de 2014]

- Página Oficial de la Subdirección de Vinculación Tecnológica del CINVESTAV, vt.cinvestav.mx. [Consultada el 12 de diciembre del 2013]
- Página de la Oficina de Transferencia Tecnológica del ITESM. <http://ott.mty.itesm.mx/4.html>. [Consultada el 5 de marzo 2015].
- Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2008-2012. Diario Oficial de la Federación. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5074624&fecha=16/12/2008. [Consultado el 17 de abril de 2014]
- Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2014-2018. Diario Oficial de la Federación. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5354626&fecha=30/07/2014. [Consultado el 20 de febrero 2015]
- Rubio-Castillo, F. La estructura Organizacional de los centros de Investigación, Desarrollo e Innovación; una aproximación a la experiencia internacional, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Contaduría y Administración, Tesis para obtener el grado de Doctor en Administración Julio **2009**.
- Reglamento del Sistema Nacional de Investigadores, segunda sección. Diario Oficial de la Federación. Miércoles 26 de Septiembre **2012**.
- Schwatzman, S. “Universidad y desarrollo en Latinoamérica: Experiencia exitosa de centros de investigación”, *Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y El Caribe*, Bogotá Colombia **2008**.
- Series Históricas del Gasto en Ciencia, Tecnología e Innovación en México. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. <http://www.foroconsultivo.org.mx/>. [Consultado el 10 de marzo 2014]
- Solleiro, J. L. “Propiedad intelectual II: El caso de la Biotecnología en México” *Interciencia*, Vol. 28, N°2, pp.90-94, febrero **2003**.
- Subdirección de Análisis Económico de la Dirección de Servicios de Investigación y Análisis adscrito a la Dirección General de Servicios de Documentación, Información y Análisis de la Cámara de Diputados con información del Proyecto y el Presupuesto de Egresos de la Federación <http://www.diputados.gob.mx/sedia/sia/se/SAE-ISS-41-11.pdf>, [Consultado el 24 de noviembre 2014].
- Trejo-Estrada, S. La Biotecnología en México: Situación de la Biotecnología en el mundo y situación de la Biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo. Centro de investigación de biotecnología aplicada del IPN, Agosto **2010**.

Capítulo 3 Componentes estructurales del SIBm y principales relaciones

En el presente capítulo se continua el análisis enfocándonos en los principales actores que forman la estructura de Sistema de Innovación de Biomedicamentos y que tienen una relación directa y un alto nivel de influencia en los Centros de Investigación(CI), con el fin de identificar las capacidades de innovación y sistémicas de los centros.

Un sistema de innovación específico se define como un grupo de actores o agentes interaccionando en un área tecnológica y una estructura institucional específica, con el propósito de generar, difundir y utilizar tecnología¹, la interacción de los agentes o actores de esta red determina el poder y la eficiencia de la producción². El Sistema de Innovación de Biomedicamentos es de este tipo.

Diversos autores han descrito los elementos esenciales para el análisis de un Sistema Nacional de Innovación, dentro de estos podemos nombrar el modo en el cual las empresas son organizadas, lo que afecta los flujos de información y a los procesos de aprendizaje; la cooperación inter-empresarial; el sector público; el sector financiero para la innovación; y los recursos, competencias y organización de los sistemas de investigación y desarrollo (I+D)³. Estos elementos los hemos extrapolado y adaptado para el análisis del fragmento del sistema de innovación específico que analizamos.

También es importante considerar que dentro de cada sistema coexisten (dependiendo de su naturaleza) elementos que participan activamente en el intercambio de productos científicos y tecnológicos. Las empresas, los organismos regulatorios y los institutos de investigación son los elementos que más contribuyen en el intercambio de conocimiento, información y productos en los sistemas de innovación. Sin embargo existen algunos elementos externos que influyen en el desarrollo del conocimiento y las innovaciones generadas en un sistema. Las firmas y las organizaciones transnacionales modifican el contexto del sistema cuando se relacionan con los actores nacionales. Estas relaciones

¹ Carlsson B., & Stankiewicz R. "On the nature, Function and Composition of technological Systems", *Journal of Evolutionary Economics*, 1 (2), pp. 93-118. 1991.

²Nelson R. y& Rosenberg N. "Technical Innovation and National Systems", en Nelson R. *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*, Oxford University Press, Nueva York, y Lundvall, B.A. "Introduction", en Lundvall B. A. *National Systems of Innovation Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Printer Publishers, Londres, 1992.

³ Lundvall, B. A. *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, Londres 1992.

pueden ser proyectos de investigación, proyectos tecnológicos, comercialización de patentes, etc.

3.1 Estructura del Sistema de Innovación en Biotecnología

En el capítulo introductorio se mencionó que existen diferentes niveles de agregación de los sistemas de innovación y se ubicó el SIBm dentro de Sistema de Innovación de Biotecnología, este sistema que ha sido analizado por algunos autores. En 1992 Guadarrama⁴ enlistó los principales actores del SIB y hemos retomado y actualizado la lista (tabla 3.1), y nos servirá como guía para la identificación de los actores que participan en la generación de innovaciones en el área de los biomedicamentos y biofármacos.

Tabla 3.1 Principales elementos Sistema de Innovación de Biotecnología

	Actor	Ejemplo
1	CI biotecnológica (dinamizadores, consolidadores, difusores y receptores)	CINVESTAV, Instituto de biotecnología, Centros CONACyT
2	Instituciones de educación superior que imparten carreras relacionadas con la biotecnología, la biomedicina y la bioquímica.	UNAM, IPN, UNAM, Universidad de Guadalajara
3	Laboratorios de investigación y desarrollo de empresas privadas de biotecnología.	LUCIERNA, LANGEBIO
4	Empresas usuarias de biotecnología , nacionales y extranjeras	Probiomed, Silanes, BIOCLON
5	Instituciones Públicas y Secretarías de Estado que interviene de forma directa en la regulación de la actividades relacionadas con la biotecnología	Secretaría de Salud, COFEPRIS, SAGARPA
6	Organismos de interface entre CI universitarios y empresas	OTT y Centros de Patentamiento
7	Organismos “transductores” de tecnología entre productores y usuarios.	REDBIO
8	Agencias nacionales promotoras o de apoyo de la ciencia y la tecnología	SSA, SAGARPA, Secretaría de Economía. Funtec.
9	Agencias internacionales promotoras o de apoyo a la tecnología	CEPAL, DAAD, AECID, CIDA, Banco Mundial, OCDE.
10	Organismos federales y estatales que elaboran y coordinan la política científico-tecnológica o de fomento de la ciencia y la tecnología	CONACyT, Institutos y consejos estatales de ciencia y tecnología
11	Organismos financieros para la innovación	NAFIN, CONACyT, Venture Capital, funtec
12	Incubadoras de empresas	Incubadoras UNAM, ITESM, Secretaría de economía

Fuente: Elaboración propia con información de la investigación y de Guadarrama A. Blanco y G. Mejía. “Institucionalización de la biotecnología en México. Estrategia y perspectiva de Desarrollo”

⁴ Guadarrama S., Blanco, A. & Mejía G., "Institucionalización de la biotecnología en México. Estrategia y perspectiva de desarrollo", en Campos M.A. *Política científica e innovación tecnológica en México: retos para la Universidad*, IIMAS, UNAM, México, 1992.

Los actores que forman parte de la estructura del sistema son escasos, CONACyT por ejemplo mantiene diversas funciones: es el organismo que dirige las políticas científicas y tecnológicas, además de apoyar la generación de proyectos y financiar junto con otras dependencias algunos programas con los mismos propósitos. También es notoria la falta de instituciones financieras para proyectos de desarrollo tecnológico.

3.2 Estructura del Sistema de Innovación de Biomedicamentos

El Sistema de Innovación de Biomedicamentos (SIBm) está constituido por los actores y los procesos que intervienen en el desarrollo de innovaciones en el área. Los recursos de este sistema son suministrados por sistemas generales, por ejemplo, el sistema de biotecnología. El capital humano, los CI, las estructuras de interface universidad–industria y muchos otros actores, no son exclusivos del sistema.

El capital humano que se especializa en el área, proviene de carreras como ingeniería bioquímica, ingeniería en biotecnología, biología experimental, farmacobiología, entre otras; que tiene diferentes áreas de desarrollo y especialización.

El conocimiento que se desarrolla en el área proviene de centros que tienen líneas de investigación diversificadas en donde convergen diversas áreas como es alimentos, enzimas agrobiotecnología y biomedicamentos, es decir, los centros detectados que forman parte del SIBm no son exclusivos y forman parte de otros sistemas.

Las empresas nacionales que producen fármacos producidos por ingeniería genética tampoco son exclusivas, algunas de ellas iniciaron sus operaciones con fármacos elaborados por síntesis química y posteriormente migraron hacia los productos biotecnológicos, pero manteniendo la producción de los medicamentos con los que iniciaron.

3.3 La Red Tecno-económica de biomedicamentos

La segunda herramienta o enfoque utilizado para el análisis son las redes tecno-económicas, para lo que se realizó el seguimiento de los elementos relacionados con la producción de los biomedicamentos y biofármacos, a partir de esta información se esbozó la red correspondiente. Como se muestra en la figura 3.1, existen actores que participan en más de un polo como las empresas farmacéuticas o biofarmacéuticas, es decir que generan

y utilizan información de diferente naturaleza (ver capítulo 1), también se observan elementos que mantienen relaciones indirectas con los CI.

Dentro de la red existen diversos intermediarios que tienen impacto en todos los polos, como el capital en sus diferentes formas, y la producción científica, consecuencia de la estrecha relación existente entre la investigación básica y aplicada característica del área de la biomedicina (biofármacos y biomedicamentos) y la biotecnología en general.

La relevancia del análisis de TEN es la identificación de los actores que participan de forma directa en el desarrollo y producción de biomedicamentos, esto en conjunto con los resultados del análisis de los elementos del sistema de innovación, nos proporciona un panorama incluyente y con información contextual de los centros.

Para analizar el área tecnológica de los medicamentos biotecnológicos en México con la metodología de las redes tecno-económicas primero se identificaron los actores que pertenecen a cada polo, los *intermediarios* y su alcance. Posteriormente se analizó el *polo S*, el *polo T*; y el *polo ST* (polo interface). Para iniciar el análisis desde el *polo T* se realizó una búsqueda de patentes nacionales utilizando palabras claves como biotecnología, ADN recombinante, *plásmido*⁵, etc. Posteriormente se analizaron los resultados obtenidos y se descartaron los que no tenían que ver con objeto de estudio. Una vez elaborada la lista, se analizaron cuantas de ellas tienen como referencia artículos de investigación, y más aún se clasificaron y enlistaron las patentes según el país de origen de los artículos o elementos científicos referenciados. Los resultados de esta sencilla exploración fueron de gran utilidad para construir la morfología de la TEN y se puede inferir que sí existe un alto grado de referencias de artículos científicos en las patentes, la relación entre los polos S y T es fuerte, esto no debería ser raro dada la naturaleza de éste sector económico y lo reciente de los descubrimientos tecnológicos que han dado pie a esta nueva industria, también se analizó el origen de estos artículos para poder determinar la relación que existe entre los actores nacionales del polo S, que en este caso serán las universidades y CI como el Instituto de biotecnología y el CINVESTAV, en relación con el polo T.

⁵ Un plásmido es una molécula de ADN extracromosómico circular o lineal que se replican y transcriben independientes del ADN cromosómico.

Para complementar esta información y así realizar una mejor análisis de la morfología de la red, se reunieron otros elementos importantes como son la lista de los actores de polo T, es decir, aquellos laboratorios que desarrollan medicamentos biotecnológicos y conjuntar toda la información disponible, los presupuestos destinados a investigación así como los contratos que realizan y con quienes los realizan y la naturaleza de dichos contratos (información mostrada en el capítulo 2).

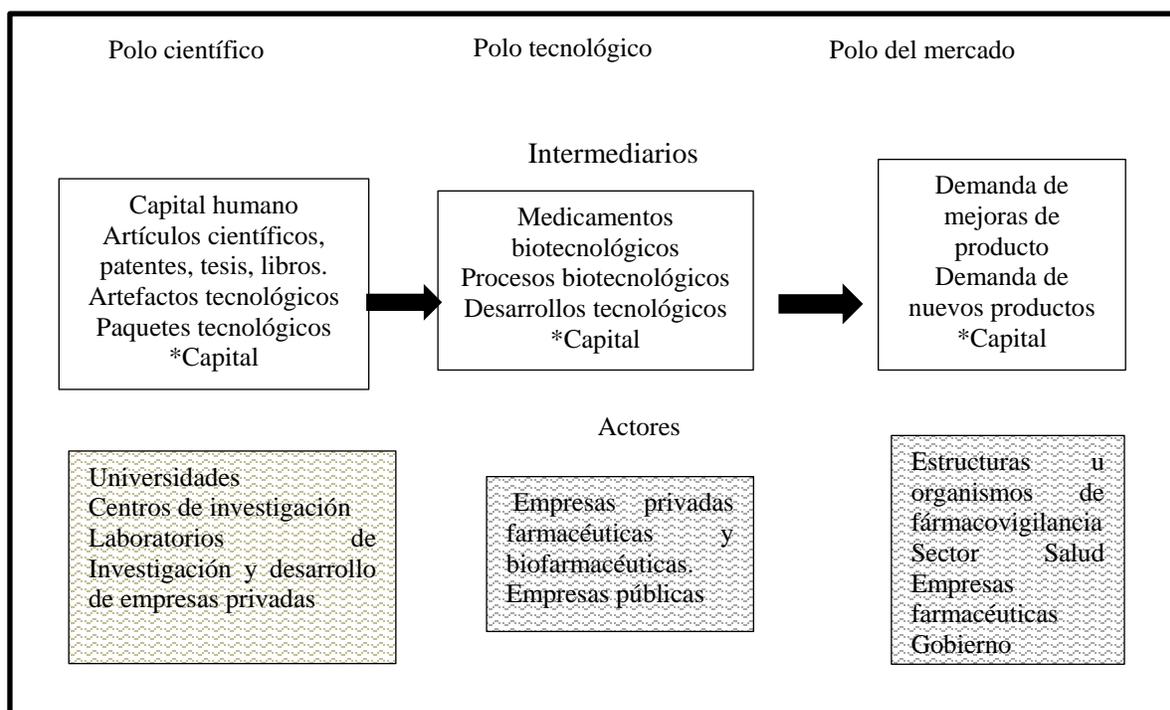


Figura 3.1 Red tecno-económica de los biomedicamentos Fuente: Elaboración a partir de la investigación

A partir del análisis realizado utilizando la metodología de las TENs y los sistemas de innovación podemos categorizar a los actores que participan en el proceso de innovación dividiéndolos en aquellos que tienen relación directa y los que se relacionan indirectamente con los CI.

3.4 Actores directos de los Centros de Investigación

Los actores que se vinculan con los CI de forma directa mantienen relaciones de diferente naturaleza y se establecen bajo términos particulares y la eficiencia estas relaciones es determinante para la generación de innovaciones, por lo que ninguna debe ser obviada, sin

importar la especie o la condición del actor. Para muchos autores la vinculación universidad-industria y gobierno (triple hélice) es el elemento necesario para la innovación y en donde se deben concentrar los esfuerzos, pero cada uno de los actores (directos e indirectos) cumple una función esencial y el aumento del número de ellos dará madurez por medio de diversos procesos entre los que se encuentra la co-evolución.

3.4.1 Instituciones de Educación Superior

Uno de los actores fundamentales para cualquier sistema son las Instituciones de Educación Superior (IES), porque proveen del capital humano y en muchos casos el conocimiento científico y tecnológico (artículos de investigación, libros, tesis, artefactos, etc.) que será utilizado por el resto de los actores. Cada IES cuenta con un enfoque particular dependiendo de su naturaleza y objetivos, esto se manifiesta de forma más notable en las universidades privadas las cuales podemos clasificar en dos grupos (para fines analíticos), las primeras que tienen como objetivo generar capital humano y las segundas que manejan enfoques gerenciales. Esto se manifiesta en los diferentes planes de estudio de cada institución.

Algunos CI ofrecen programas de posgrado y de licenciatura (en algunos casos), los Centros CONACyT⁶, el CINVESTAV y el IBt realizan esta aportación, la cual ha contribuido a aumentar la calidad de los programas nacionales al generar capital humano especializado con formación en áreas de investigación.

⁶ Existen un numero importantes de centros CONACyT que cuentan con programas académicos algunos de ellos son los siguientes:

El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C (Centro CONACyT) ofrece los programas de posgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología (PICYT) con opción de maestría, doctorado y doctorado directo. Opciones Terminales de especialización en la Sede CIATEJ.

El Colegio de la Frontera Sur, ofrece los programas de maestría en ciencias en recursos naturales y desarrollo rural y doctorado en ciencias en ecología y desarrollo sustentable, estos son los únicos programas de posgrado en la región con enfoque multidisciplinario, que abordan el estudio de las ciencias sociales y naturales.

El Programa Nacional de Posgrados de Calidad⁷ es un esfuerzo conjunto que realiza CONACyT y la Secretaría de Educación Pública, que tiene como objetivo reconocer y estimular la calidad en los programas de especialidad, maestría y doctorado de las IES y los CI nacionales. Este programa evalúa los planes de estudio de acuerdo con estándares internacionales y otorga (cuando cumple con los criterios) un nivel dentro del padrón. El Sistema Nacional de Investigadores(SNI) se divide en diferentes áreas del conocimiento, entre estas se encuentra biotecnología y agropecuaria, la cual cuenta con 10 programas con nivel internacional, 73 nivel consolidado, 62 en desarrollo y 40 de reciente creación dentro del padrón.

Adicionalmente encontramos proyectos por parte de empresas y universidades que tienen como finalidad evaluar las competencias y capacidades de las universidades nacionales, de este tipo podemos destacar el calificador en línea⁸ para la evaluación de IES nacionales de la UNAM, entre los criterios de evaluación se encuentran las patentes solicitadas, los artículos internacionales publicados en revistas indexadas, número de investigadores entre otros.

3.4.2 El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CONACyT es un organismo público descentralizado del gobierno federal mexicano dedicado a promover y estimular el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. Tiene la responsabilidad oficial para elaborar las políticas de ciencia y tecnología nacionales⁹.

Este organismo administra diversos programas y realiza diferentes funciones como instruye la Ley de Ciencia y Tecnología, entre las que se encuentra la administración y actualización del sistema integrado de información sobre investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación, la formulación del Programa Especial con base en las propuestas que presenten las dependencias y entidades, la administración de los fondos CONACyT, entre otros.

⁷Programa de posgrados de Calidad <http://www.conacyt.mx/index.php/becas-y-posgrados/programa-nacional-de-posgrados-de-calidad> [consultado el 12 de mayo 2014]

⁸ Estudio comparativo de la Dirección General de Evaluación Institucional de la UNAM <http://www.execum.unam.mx/> [consultado el 8 de mayo 2014]

⁹ Página oficial de CONACyT, www.conacyt.mx [consultado el 11 de mayo 2014]

Las funciones de CONACyT se expresan en la Ley Orgánica del Consejo, en la cual se enlistan las 30 que lleva a cabo. De estas podemos destacar las siguientes:

- Impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico, así como el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de la planta productiva nacional;
- Apoyar la generación, difusión y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos;
- Promover y apoyar el desarrollo de la Red Nacional de Grupos y CI y los proyectos de investigación científica y tecnológica de las universidades e instituciones públicas de educación superior;
- Formular estudios, programas y promover, conjuntamente con las autoridades competentes, planes de carrera orientados a ofrecer incentivos para la profesión de investigador y tecnólogo, fortalecer y multiplicar grupos de investigadores y fomentar la movilidad de investigadores entre centros, constituir nuevos centros e instituciones, incluyendo aquellos orientados a la formación de recursos humanos de alto nivel y especialización en áreas científicas y tecnológicas y crear redes en áreas estratégicas de propuestas de conocimiento. Dichos planes de carrera comprenderán catálogos de puestos y tabuladores de sueldos para los centros públicos de investigación;

Finalmente CONACyT, como lo menciona la Ley de Ciencia y Tecnología, asesora al Ejecutivo y a los dirigentes de las dependencias federales y locales para la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología.

En concordancia con las funciones antes mencionadas y de acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología podemos destacar los programas más importantes que dirige CONACyT, los cuales son los siguientes:

1. El Programa de becas nacionales e internacionales para estudios de posgrado (especialidad, maestría y doctorado) en áreas científicas, tecnológicas, sociales y humanistas.

2. El Programa de Posgrados de Calidad, mencionado previamente, con el fin de otorgar diversos beneficios a aquellos programas que acrediten un alto nivel.
3. Los programas presupuestales destinados al otorgamiento de apoyos para el crecimiento, fortalecimiento y vinculación del sector de la ciencia, la tecnología y la innovación, los cuales se clasifican de la siguiente manera:
 - a. Fondos Sectoriales, son Fideicomisos que las Dependencias y Entidades conjuntamente con el CONACYT constituyen con el objeto de destinar recursos para la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el ámbito sectorial correspondiente. Actualmente existen 30 fondos constituidos.
 - b. Los Fondos Mixtos, son un instrumento que apoya el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno del Estado o Municipio, y el Gobierno Federal, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Actualmente son 35 los fondos constituidos.
 - c. Fondos Institucionales, son fideicomisos que tiene como finalidad impulsar la ciencia, tecnología e innovación, se han creado cuatro fondos: Fondo Institucional CONACyT (FOINS), Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología del CONACYT (FONCICYT), Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) y el Fondo para el Fomento y Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología (Fondo CIBIOGEM). Estos fondos están dirigidos al fortalecimiento de las IES y CI nacionales, así como de los grupos de investigación.
 - d. Apoyos Institucionales. Este programa cuenta con dos modalidades la primera denominada CAI, son apoyos otorgados a las actividades de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación que realicen las personas físicas o morales de los sectores público, social y privado, los cuales, para ser otorgados requieren autorización expresa del Director

General de CONACYT, contando con la opinión del Comité de Apoyos Institucionales (CAI) y la segunda; Programa para el Desarrollo Científico y Tecnológico (PRODECYT), dedicado al fortalecimiento de las CI, y del sistema de innovación nacional.

- e. Programa de Estímulos a la Innovación. Es el programa de apoyo para las empresas que invierten en proyectos de investigación, desarrollo de tecnología e innovación, dirigido al desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios. Este programa cuenta con tres modalidades.
4. El Sistema Nacional de Investigadores (SNI), es el programa que tiene como finalidad la formación y consolidación de investigadores nacionales de calidad. Reconoce con un nombramiento especial y un estímulo económico a investigadores con conocimientos científicos y tecnológicos de más alto nivel, un elemento fundamental para incrementar la cultura, productividad, competitividad y el bienestar social¹⁰.
5. El Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica (CONRICYT) es el resultado de la colaboración de múltiples organizaciones nacionales, universidades y dependencias que tiene como objetivo el generar una red de información científica y tecnológica de acceso público.

3.4.3 Empresas Farmacéuticas Biotecnológicas

La Secretaría de Economía (SE) informó a la Cámara de la Industria Químico Farmacéutica, la existencia de 204 empresas pertenecientes al sector farmacéutico¹¹, incluyendo algunas que producen productos veterinarios. Un gran número de estas empresas formula sus productos por medio de procesos de síntesis química, Sin embargo, la industria farmacéutica ha utilizado la biotecnología (clásica) para la producción de antibióticos de origen microbiano desde el origen de la industria, y en la actualidad la

¹⁰ *Ibidem*, página oficial de CONACyT

¹¹ Trejo-Estrada, S. *La Biotecnología en México: Situación de la Biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del IPN, 10 de Agosto 2010.

participación de la biotecnología es más común, la presencia de insumos, y activos de origen biotecnológico para la producción de fármacos de todo tipo, aumenta cada día.

PROBIOMED, Laboratorios SILANES y su filial, el Instituto Bioclón son de las pocas organizaciones que se dedican a la producción de fármacos elaborados con *biotecnología moderna*, que cuentan con capital 100% mexicano. Estas firmas, cuentan con desarrollos tecnológicos exitosos e innovadores. En los proyectos de dichos desarrollos han participado grupos consolidados de investigación de diferentes IES y CI.

PROBIOMED es una empresa que elabora proteínas recombinantes utilizando tecnología de punta y estándares del nivel de Estado del Arte en ingeniería genética y en los procesos de tecnología microbiana, fermentación, recuperación y purificación de vacunas e inmunopotenciadores¹². Productos tales como los interferones de los tipos alfa y beta, así como la eritropoyetina y la vacuna de la hepatitis C, se fabrican en PROBIOMED y se comercializan exitosamente en Latinoamérica.

La notoriedad de la empresa se debe a la participación de científicos mexicanos de alto prestigio y nivel, pertenecientes a las IES y CI más importantes en el área de la biotecnología. Profesores, investigadores, científicos y técnicos de Instituciones como el IBT-UNAM y el CINVESTAV del IPN, han participan en la generación y adaptación de la *biotecnología moderna* dentro de PROBIOMED. A través de convenios y alianzas científicas PROBIOMED ha establecido una plataforma científica que ha impulsado procesos y productos de gran *input* tecnológico. La firma ha ampliado las alianzas estratégicas estableciendo nuevas con CI y universidades de otros países.

Los Laboratorios SILANES, destacan en particular en el área de los faboterápicos, en la producción, purificación, formulación y aplicación de péptidos derivados de sueros hiperinmunes, orientados fundamentalmente a la formulación de antivenenos o antídotos, que son utilizados en el tratamiento de emergencia asociadas a picaduras o mordeduras de insectos y reptiles ponzoñosos, típicamente alacranes, arañas y reptiles.

¹² *Ibidem*, Trejo, 2010.

El Instituto Bioclón (filial de la empresa SILANES), ha desarrollado sistemas y procesos basados en la *biotecnología moderna*, a través de convenios y estrechas colaboraciones con grupos de bioquímica, genética e inmunología de la UNAM, del IPN y de Laboratorios e Institutos del Sector Salud para la producción de biofármacos.

Las tres empresas, PROBIOMED, SILANES y el Instituto Bioclón, son de las pocas empresas innovadoras que pertenecen al sector de empresas basadas en biotecnología en México y son ejemplo de la capacidad tecnológica y de innovación que las empresas mexicanas pueden alcanzar al vincularse con los CI nacionales.

3.5 Actores relacionados indirectamente a los Centros de Investigación

Existen actores que son de gran relevancia pero que no se encuentran directamente ligados con las actividades de los CI. Sabato en su triangulo menciona los tres actores principales que constituyen la clave para el desarrollo tecnológico, estos como ya se mencionó, son la universidad, ésta en su nuevo rol como generadora de tecnología, la industria, que es quien realiza la transformación de la tecnología en bienes los cuales adquieren un valor monetario y el gobierno, quien tiene el rol de dictar las directrices y las reglas de los otros dos actores y que en muchas ocasiones puede servir como catalizador para el desarrollo tecnológico¹³.

Adicionalmente en el mapa del SIBm encontramos otros actores que participan en la generación de innovaciones: Existen varios actores que pertenecen a la esfera gubernamental, pero que tienen funciones diferentes a las descritas por Sabato y Etzkowitz, por ejemplo, la Secretaria de Salud y la COFEPRIS. Estas dos dependencias tienen injerencia en la producción de los biomedicamentos.

3.5.1 Secretaria de Salud

La Secretaria de Salud (SSA) es la dependencia federal con mayor jerarquía en lo relativo a la salud y el bienestar social, es la encargada de dictaminar las políticas en esta materia, como lo expresa en sus funciones:

¹³ Etzkowitz, H. & Leydesdorff L. "The triple helix: university-industry-government relations: a laboratory for knowledge based economic development", EASST Review 14, 1995, Amsterdam.

“Conducir la política nacional en materia de asistencia social, servicios médicos y salubridad general, con excepción de lo relativo al saneamiento del ambiente; y coordinar los programas de servicios a la salud de la Administración Pública Federal, así como los agrupamientos por funciones y programas afines que, en su caso, se determinen.”¹⁴

Los quehaceres de la SSA son amplios e involucran a un vasto número de temas, no obstante uno de los más importantes es la regulación de fármacos y medicamentos como se expresa en otra de sus funciones:

“Ejecutar el control sobre preparación, posesión, uso, suministro, importación, exportación y distribución de drogas y productos medicinales, a excepción de los de uso veterinario que no estén comprendidos en la Convención de Ginebra.”¹⁵

La normatividad emitida por la SSA que regula las actividades relacionadas con la producción, venta, administración y uso de fármacos, la cual consta de un amplio número de normas obligatorias, recientemente emitió la norma oficial mexicana NOM-257-SSA1-2014, en materia de medicamentos biotecnológicos, la cual establece las directrices generales de operación para la evaluación de la información técnica y científica presentada durante el proceso de la solicitud de registro de medicamentos biotecnológicos, el control de la fabricación de medicamentos biotecnológicos, la autorización de protocolos, farmacovigilancia de medicamentos biotecnológicos y los requisitos para el reconocimiento de medicamentos biotecnológicos de referencia¹⁶. Existen otras normas que regulan diversos aspectos de los biomedicamentos como es la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos y la Norma Oficial Mexicana NOM-177-SSA1-2013, que establece las pruebas y procedimientos para demostrar que un medicamento es intercambiable y los medicamentos biocomparables, además de las normas generales de

¹⁴ Ley General de Salud, consultada en el Diario oficial de la federación.

¹⁵ *Ibidem*, Ley General de Salud.

¹⁶ NORMA Oficial Mexicana NOM-257-SSA1-2014, En materia de medicamentos biotecnológicos, consultado en el Diario Oficial de la federación.

buenas prácticas de manufactura de medicamentos, etiquetado y el reglamento de insumos para la salud.

El Programa Sectorial de Salud es el documento elaborado por la SSA y aprobado por el Ejecutivo en el cual se establecen las metas y objetivos específicos de la dependencia, para un periodo de gobierno específico (sexenio). El programa es diseñado en concordancia con lo planteado en el PND. Lo contenido en el programa será la guía para aprobación del financiamiento de los diversos proyectos por medio del fondo sectorial que mantiene la SSA con CONACyT. Los proyectos de investigación para el desarrollo de tratamientos con medicamentos biotecnológicos tienen acceso a estos fondos por medio de los diversos mecanismos (convocatorias) que establece CONACyT.

3.5.2 Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

COFEPRIS es un órgano desconcentrado con autonomía administrativa, técnica y operativa, creado en el año 2001, que está bajo la supervisión de la Secretaría de Salud¹⁷.

COFEPRIS ejerce atribuciones de regulación, control y fomento sanitario, algunas de estas atribuciones son las siguientes:

- El control y vigilancia de los establecimientos de salud.
- El control sanitario de productos, servicios y de su importación y exportación, y de los establecimientos dedicados al proceso de los productos.
- El control sanitario del proceso, uso, mantenimiento, importación, exportación y disposición final de equipos médicos, prótesis, órtesis, ayudas funcionales, agentes de diagnóstico, insumos de uso odontológico, materiales quirúrgicos, de curación y productos higiénicos, y de los establecimientos dedicados al proceso de los productos.
- El control sanitario de la publicidad de las actividades, productos y servicios.
- El control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y sus componentes, células de seres humanos.
- La sanidad internacional.

¹⁷ Página Oficial de Cofepris [www.cofepris .bog.mx](http://www.cofepris.bog.mx) [consultada el 9 de mayo 2014].

Esta dependencia de salubridad es el ente regulatorio que supervisa las actividades de las empresas farmacéuticas y biofarmacéuticas en el cumplimiento de la normatividad aplicable.

3.5.3 Laboratorios de investigación privados

A nivel nacional existen pocas empresas dedicadas al desarrollo de tecnología que posteriormente transfieren a otras empresas. En los países desarrollados estas empresas funcionan como catalizadores de la tecnología, ya que toman la investigación básica y la desarrollan. En el campo de la biofarmacéutica la Fundación LUSARA, A.C., es una de las pocas empresas de este tipo. Esta fundación de reciente creación ha desarrollado investigación fundamental y aplicada en el área de antibióticos y en epidemiología clínica y molecular¹⁸.

3.6 Elementos externos del Sistema de Innovación de Biomedicamentos

Existen diversos actores que no están circunscritos al territorio nacional, pero que ejercen una fuerte influencia y orientan las actividades de los actores nacionales como son los grupos de investigación de los CI, las políticas y regulaciones emitidas por las dependencias federales, las actividades de las empresas y empresarios nacionales y el mercado en general.

Se puede identificar como actores externos a las universidades extranjeras, CI extranjeros, empresas biofarmacéuticas y farmacéuticas transnacionales, organismos internacionales y agencias gubernamentales de otros países.

3.6.1 La Organización Mundial de la Salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial. Inicialmente fue organizada por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas que impulsó la redacción de los primeros

¹⁸ Página de la fundación Lusara, www.lusara.org [consultado el 19 de mayo 2014]

estatutos de la OMS. La primera reunión de la OMS tuvo lugar en Ginebra, en 1948¹⁹. México actualmente forma parte de los países miembros.

La organización colabora con instancias normativas, sociedad civil, instituciones académicas y privadas, para que la planeación sanitaria de los países sea consistente con la visión de la OMS.

“La OMS es responsable de desempeñar una función de liderazgo en los asuntos sanitarios mundiales, configurar la agenda de las investigaciones en salud, establecer normas, articular opciones de política basadas en la evidencia, prestar apoyo técnico a los países y vigilar las tendencias sanitarias mundiales”²⁰.

La SSA y la OMS han establecido una agenda estratégica que tiene cuatro principales objetivos: Equidad en Salud, Reducción de riesgos y promoción de la salud, Vigilancia, prevención y control de enfermedades, Calidad de servicios y desempeño del sistema de salud²¹. De este último se desprende el objetivo específico relacionado con los medicamentos y tecnologías de la salud.

Adicionalmente la OMS trabaja estrechamente con la COFEPRIS en el intercambio de guías y especificaciones tecnológicas, estudios de costo-beneficios, desarrollo de redes de información, la certificación y acreditación de establecimientos de salud.

3.6.2 La Agencia de Alimentos y Medicamentos de EU.

La FDA (Food and Drug Administration: Agencia de Alimentos y Medicamentos o Agencia de Drogas y Alimentos) es la agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos (tanto para personas como para animales), medicamentos (humanos y veterinarios), cosméticos, equipos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos.

¹⁹ Página Oficial de la OMS <http://www.who.int/es/> [consultada 20 de mayo 2014]

²⁰ *Ibidem*, Página Oficial de la OMS.

²¹ *Ibidem*, Página Oficial de la OMS.

La principal labor de la FDA es regular la multitud de productos medicinales de una manera tal, que garantice la seguridad de los consumidores estadounidenses y la efectividad de los medicamentos comercializados.

La FDA es una división del Departamento de Salud y Servicios Humanos, el cual es a su vez uno de los 15 departamentos o ministerios del gobierno de los Estados Unidos. La FDA está dividida en 6 centros mayores, de los cuales dos; Centro de Evaluación Biológica e Investigación, Centro de Investigación y Evaluación de Medicamentos llevan a cabo tareas relacionadas con la regulación de biofármacos y biomedicamentos.

Esta agencia es una de las más influyentes a nivel internacional, debido a que el mercado estadounidense es el más importante del mundo y muchas de las empresas transnacionales tienen su sede en Estados Unidos.

3.7 Empresas Transnacionales

El desempeño del sistema y de los actores es altamente influenciado por las empresas transnacionales. Estas empresas ostentan la vanguardia en investigación científica y tecnológica, además de contar con un blindaje importante en materia de propiedad intelectual, hecho que dificulta la competencia por parte de las empresas nacionales. Multinacionales tales como Johnson and Johnson, Pfizer, Novartis, Hoffman- La Roche, Amgen, Merck Serono y Baxter BioScience son de las principales empresas productoras de fármacos y medicamentos de origen biotecnológico, sus productos son comercializados en México y algunas mantienen plantas dentro del territorio, sin embargo todas las actividades de I&D+i se realizan en otros países.

3.8 El *cluster* como estrategia de desarrollo

El *cluster* es una estrategia de desarrollo tecnológico y económico cada vez más utilizada, en países desarrollados (de donde proviene el concepto) han sido altamente exitosos como es el caso de Silicon Valley en Estados Unidos y en el Reino Unido y Europa. En el resto del mundo se ha tratado de replicar el modelo especialmente en los países en desarrollo, donde una sola empresa difícilmente tiene las capacidades científicas, tecnológicas y financieras para generar una innovación tecnológica, por lo que el modelo es bien aceptado.

El modelo de *cluster* favorece la integración de esfuerzos para la competitividad y la actividad exportadora, en la medida que impulsa al proceso de innovación²².

El término de *cluster* fue introducido por Michael Portero en 1990²³ y posteriormente muchos otros autores han hecho aportaciones al tema. En las definiciones (tabla 3.4) encontramos factores comunes, que indican las condiciones elementales para la integración de un *cluster*: la concentración geográfica, la relación con las universidades y CI, la transferencia tecnológica²⁴ y la integración de una cadena de valor, que puede ser vertical u horizontal. La primera comprende desde la producción hasta la comercialización y la segunda refiere al conjunto de empresas²⁵.

Tabla 3.2 Revisión de las definiciones de *Cluster* de diferentes autores

Porter 1990	Un <i>cluster</i> es una agrupación de empresas interconectadas e instituciones asociadas en un campo particular, cercanas geográficamente y vinculadas a través de elementos comunes y complementarios
Cruch and Farrel 2001	Un <i>cluster</i> es una tendencia para las empresas con negocios similares, localizadas de forma cercana, a pesar de no ser representativas en el área
Rosenfedl 1997	Un <i>cluster</i> es una forma simple de representar concentraciones de empresas que están dispuestas a generar sinergias, dada su cercanía geográfica e interdependencia, aun cuando por si solas no sean dominantes o representativas.
Swann and Prevezer 1998	Un <i>cluster</i> significa un grupo grande de empresas de una industria dentro de un área geográfica
Simme & Senté 1999	Un <i>cluster</i> innovador es un gran número de compañías industriales o de servicios interconectadas, con un alto grado de colaboración, tradicionalmente a través de una cadena de valor y operando bajo las mismas condiciones de mercado
Roelandt & Herton 1999	Los <i>cluster</i> pueden ser caracterizados como redes de productores interdependientes relacionados a otros en una cadena de valor agregado.
Vand den Berg et al 2001	El termino <i>cluster</i> esta cercanamente relacionado a una dimensión local o regional de redes. La mayoría de las definiciones
Enrigh 1996t	Un <i>cluster</i> regional es un <i>cluster</i> industrial en el cual las empresas miembros están cercanas una de la otra.

Fuente: Dahl Michael. *Knowledge Diffusion and Regional Clusters: Lessons from the Danish ICT Industry*, Unpublished PhD thesis, Department of Business Studies Aalborg University, November 3 2003

²² Marchese, M. & Sakamoto, A. *Skills development for industrial cluster: a preliminary review*, International Labour Office, Genova Noviembre 2008, pp. 22-23

²³ Porter, M. *The Competitive Advantage of Nations*, The free press Word economic forum, 1990

²⁴ Porter M. *Cluster and the New Economics Competition*, Harvard Business Review, Noviembre-Diciembre 1998, Estados Unidos de América.

²⁵ Rico Floes G. *Modelo de Cluster para la medicina genómica en México*, Instituto Politécnico Nacional, tesis de maestría, diciembre 2008

3.7.1 Los *cluster* biotecnológicos en México

En México al igual que muchos otros países (sobre todo países en desarrollo), se ha adoptado la integración de clusteres como una estrategia para facilitar el desarrollo de determinada área tecnológica. En México se han aprovechado las orientaciones industriales regionales para formar *bioclusters* o bioregiones. A pesar de que el concepto fue introducido aproximadamente hace 20 años, es relativamente nuevo en el ámbito de la implantación, razón probablemente por la se observa un limitado número de *bioclusters* formados, de los cuales son más escasos aún aquellos que han logrado consolidarse y generar resultados.

En el territorio nacional podemos localizar cuatro regiones en donde se aglomeran empresas del ramo de la biotecnología, aprovechando esta circunstancia se han estructurado clusteres biotecnológicos, de estos destacan el *Biocluster* de Occidente, *Biocluster* de Querétaro y *Biocluster* de Nuevo León. A continuación se presentara la información correspondiente de dos de ellos.

3.7.2 *Biocluster* de Occidente

El *Biocluster* de Occidente se encuentra en el estado de Jalisco, fue constituido mediante un acuerdo firmado por el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) y el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.(CIATEJ) en el 2006. *El convenio firmado se enfoca principalmente a la realización de trabajos conjuntos en las áreas de tecnología dirigidas a satisfacer ciertas necesidades en la industria alimenticia, farmacéutica y agropecuaria promoviendo la cultura en la pequeña y mediana empresa (PYME).* Una de las características más importantes de este *cluster* es que no se encuentra localizado dentro de un parque tecnológico, si no que la relación es virtual aprovechando la cercanía de las empresas.

Para la constitución del *cluster* se consideró la infraestructura académica y tecnológica de todas las instituciones y CI tanto públicas como privadas, las cuales componen la oferta, y todas las empresas del sector Farmacéutico Humano, Farmacéutico Veterinario y de Alimentos que se encuentran localizadas en parques industriales, zonas industriales y en

otras entidades, y que están orientadas hacia la elaboración de productos de desarrollo tecnológico con un alto valor agregado, que representan la demanda.

La construcción del modelo tiene como objetivo reducir la brecha entre las universidades, CI y empresas y orientar la difusión, la difusión y aplicación del conocimiento. Además de generar una plataforma regional con la misión de incrementar la competitividad y la construcción de indicadores que identifiquen las ofertas y demandas de la región.

3.7.2.1 Objetivos específicos del *Biocluster* de Occidente.

La creación del *Biocluster* permite generar proyectos a partir de la vinculación universidad-industria, lo que se traduce en el incremento de las innovaciones y la protección de la propiedad intelectual resultado de los proyectos. El *Biocluster* de Occidente y sus miembros tienen los siguientes objetivos específicos:

1. Incrementar la productividad, a través del *input* especializado de las instituciones, acceso a la información, sinergias y acceso a los fondos estatales o federales de la temática.
2. Una rápida innovación a través de la cooperación de asesoría, vinculación y transferencia de sus socios “universidades y CI”.
3. Fortalecimiento de los negocios en la PYMES, su incursión en nuevos nichos de mercado o la expansión por el lanzamiento del valor agregado (producto).
4. La organización sectorial regional para el desarrollo del recurso humano, producto de la interacción con las universidades y/o CI.

Es importante mencionar que este Biocluster es hasta ahora el más exitoso del sistema, han logrado conjuntar esfuerzos de diferentes organismos y llevar proyectos al éxito. Además de incrementar las empresas y universidades asociadas.

3.7.3 Cluster de Biotecnología de Querétaro

Este *cluster* surge con el objetivo de articular a los integrantes del *cluster* de Biotecnología en el estado de Querétaro mediante proyectos de innovación, investigación y desarrollo

tecnológico, para la generación de portafolios de inversión que detonen la competitividad de la entidad a través de estrategias de asociación tecnológica, las cuales deberán estar orientadas por la inteligencia competitiva de mercado basadas en el mismo *cluster*.

Este *cluster* tiene cuenta con servicios adicionales como asesoría de propiedad intelectual, escalamiento, servicios de laboratorio entre otros; los otros *clústeres* observados también cuentan con estos servicios, esta es una característica interesante de observar ya que tradicionalmente este tipo de servicios son proporcionados por las universidades que cuentan con oficinas de transferencia ya establecidas, pero en el caso de México esto es establecido por la entidad que ha integrado el *cluster* y por las empresas.

Conclusiones

El Sistema de Innovación de biomedicamentos está conformado por actores que colaboran o forman parte de otros sistemas específicos, principalmente de los provenientes del de biotecnología. Los principales actores del SIBm son las empresas, los CI y el gobierno en su papel de orientador por medio de las políticas públicas, labor que realiza el CONACyT, sin embargo existen otros elementos que también cumplen con funciones esenciales para el sistema. Podemos distinguir dos tipos de actores dentro del sistema, los que tiene una relación directa con los CI y con los se relacionan indirectamente. Existen otro tipo de actores que se localizan fuera del SIBm, pero que ejercen una gran influencia sobre él y el resto de los actores.

A manera de resumen y tomando en cuenta la información anterior, a continuación se presenta una tabla que contiene los principales actores del Sistema de innovación que intervienen en la producción de medicamentos biotecnológicos. Es importante aclarar que en esta no se descarta la existencia de otros actores.

La biotecnología, al ser una industria altamente especializada, requiere de una constante inversión en investigación, desarrollo e innovación, por lo que resulta imprescindible la planeación de estas actividades internamente o por medio de la vinculación con las Universidades y CI.

Tabla 3. 3 Principales actores del Sistema de Innovación de Biomedicamentos

Actor	Función principal	Área de influencia	Importancia en la toma de decisiones
Poder Ejecutivo	Establecer la estrategia tecnológica del país por medio del plan nacional de desarrollo	Todo el SIB	Máxima importancia
Secretaría de Salud	Establecer las políticas en materia de Salud, su máximo instrumento es la ley general de salud	Todo el sistema	Muy alto
Cofepris	Supervisar el cumplimiento de la normatividad aplicable	Las empresas y CI	Alto
CONACyT	Apoyar a las empresas por medio de financiamiento de proyectos, estandarizar la calidad de los posgrados de biotecnología y promover la vinculación los dos anteriores	Empresas, IES, CI, Laboratorios de investigación	Medio
Instituciones de Educación Superior	Formar el capital humano del sistema	CI y empresas	Bajo
CI	Desarrollar tecnología y resolver problemas de las empresas en materia tecnológica	Empresas	Medio
Empresas biotecnológicas	Usuarios de la tecnología, producción de productos	IES y CI	Medio
Laboratorios de Investigación	Adaptar y transferir tecnología, en algunos casos desarrollarla	Empresas	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Una de dichas estrategias que se ha observado altamente útil es la creación de *clusters* tecnológicos, en donde puedan interactuar empresas, CI, instituciones de educación y algunos otros elementos del sistema de innovación, esto con el fin de facilitar el desarrollo tecnológico y superar las limitaciones, especialmente aquellas que las empresas puedan tener para desarrollar un producto, en este caso los biomedicamentos.

En muchos casos los *clusters* cumplen funciones de parques tecnológicos, en donde las empresas se instalan para tener acceso a mejores instalaciones y no tener que invertir en la construcción de las mismas. A pesar de esto podemos observar casos de éxito como en el *Biocluster* de Occidente, el cual está en etapa de crecimiento y al cual se suman cada día más empresas y en donde se realizan proyectos de innovación en conjunto con los CI de la región y con financiamiento que el CONACyT otorga a este tipo de proyectos a través de sus programas.

Para los CI involucrados, la integración del *Biocluster* de Occidente representa una oportunidad de crecimiento y consolidación que puede significar el cambiar de estatus dentro de la categorización de los CI y adicionarse a la categoría de dispersores de tecnología.

Los tres centros analizados están involucrados de forma directa con la integración del *Biocluster* de occidente, esto como parte de una estrategia dirigida a profundizar el vínculo con la industria y participar más activamente en los procesos de innovación. Para el CB-FEMSA representa una oportunidad de ampliar sus capacidades científicas y de capital humano además de generar desarrollos tecnológicos en el área biotecnológica que le significarían a la institución la consolidación en el área científica, circunstancia que se está buscando desde hace algunos años desde que establecieron el proyecto para la creación de CI en conjunto con empresas tecnológicas y el establecimiento de las cátedras científicas. Los otros dos CI que se analizan (CINVESTAV, IBt), no demuestran un interés por ser integrantes activos de los *clusters*.

Un mecanismo por el cual estas dos instituciones podrían acercarse a la integración de estas bioregiones sería estableciendo departamentos dentro de los clusteres, lo que incrementaría facilidad de vinculación con nuevas empresas y como resultado se fortalecerían las redes de investigación y por lo tanto el Sistema de Innovación

Referencias

- ✦ Callon, M. “Techno-economic Network and Science and Technology Policy”, *Science Technology industry Review*, No. 14, Organization for Economics Co-operation and Develop, p.66, Paris, **1994**.
- ✦ Carlsson B. & Stankiewicz R. “On the nature, Function and Composition of technological Systems”, *Journal of Evolutionary Economics*, 1 (2), pp. 93-118. **1991**.
- ✦ Dahl M. *Knowledge Diffusion and Regional Clusters: Lessons from the Danish ICT Industry*, Unpublished PhD thesis, Department of Business Studies Aalborg University, November 3, **2003**
- ✦ Dutrenit G. “Sistema Nacional de Innovación”, *Comercio exterior*, Volumen 44, Número 8, Agosto **1994**
- ✦ Estudio comparativo de la Dirección General de Evaluación Institucional de la UNAM <http://www.execum.unam.mx/> [consultado el 8 de mayo 2014]
- ✦ Etzkowitz, H. & Leydesdorff L.. “The triple helix: university-industry-government relations: a laboratory for knowledge based economic development”, *EASST Review* 14, Amsterdam **1995**.
- ✦ Guadarrama, S., Blanco, A. & Mejía, G. "Institucionalización de la biotecnología en México. Estrategia y perspectiva de desarrollo", en M.A. Campos, *Política científica e innovación tecnológica en México: retos para la Universidad*, IIMAS, UNAM, México, **1992**.
- ✦ Gómez M. y Rodríguez J. “The Emergence of biotechnology-related industries in Mexico” *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, Vol. III, No. 2, pp. 37 – 55, julio-diciembre de **2008**.
- ✦ Informe de actividades y resultados del CONACYT 2013, <http://www.Siicyt.gob.mx/siicyt/docs/InformeAutoevaluacion/INF-AUTOEVALUACION-2013-RE-1.pdf> [consultado el 19 de mayo 2014]
- ✦ Ley General de Salud, consultada en el Diario oficial de la federación.
- ✦ Lundvall, B. *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, London, **1992**.
- ✦ Marchese, M. & Sakamoto, A. *Skills development for industrial cluster: a preliminary review*, International Labour Office, Genova, pp. 22-23. Noviembre, **2008**.

- ✦ Nelson R. y& Rosenberg N. "Technical Innovation and National Systems", en R. Nelson (ed.), *National Innovation Systems: a Comparative Analysis*, Oxford University Press, New York.
- ✦ NORMA Oficial Mexicana NOM-257-SSA1-2014, En materia de medicamentos biotecnológicos, consultado en el Diario Oficial de la federación.
- ✦ Página del *Cluster BioTQ* <http://clusterbiotq.org/fundadores.php> [consultada el 12 de mayo 2014].
- ✦ Página de la fundación Lusara, www.lusara.org [consultado el 19 de mayo 2014].
- ✦ Página Oficial de Cofepris [www.cofepris .bog.mx](http://www.cofepris.bog.mx) [consultada el 9 de mayo 2014].
- ✦ Página Oficial de la OMS <http://www.who.int/es/> [consultada 20 de mayo 2014].
- ✦ Página de Probiomed www.probiomed.mx [consultado el 18 de mayo 2014]
- ✦ Pérez, C. "Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo", *El trimestre económico*, núm. 59, pp. 25-64, **1992**.
- ✦ Porter M. *Cluster and the new economics competition*, Harvard Business Review, Estados Unidos de America, November- December, **1998**.
- ✦ Porter, M. *The Competitive Advantage of Nations*, The free press Word economic forum, **1990**.
- ✦ Programa de posgrados de Calidad <http://www.conacyt.mx/index.php/becas-y-posgrados/programa-nacional-de-posgrados-de-calidad> [consultado el 12 de mayo 2014]
- ✦ Quintana C. y Benavides C. "Sistemas Naciones de Innovación biotecnológica. Una comparación internacional", *Revista Asturiana de Economía*, RAE Numero 30, pp. 87-114, **2004**.
- ✦ Rico-Floes G. *Modelo de Cluster para la medicina genómica en México*, Instituto Politécnico Nacional, tesis de maestría, diciembre **2008**.
- ✦ Trejo-Estrada, S. *La Biotecnología en México: Situación de la Biotecnología en el mundo y situación de la biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del IPN, 10 de Agosto **2010**.

Capítulo 4. Elementos para el diagnóstico del SIBm

En los capítulos que preceden, se dio cuenta de diversos factores que nos ayudan a clarificar las condiciones y circunstancias científicas, tecnológicas y de innovación de los biomedicamentos en México. En el capítulo introductorio se mencionó el artículo de 1999 de Xabier Soberón, en donde analizan las circunstancias (en ese momento) nacionales en términos de desarrollo biotecnológico, y expresa las expectativas del área, sin embargo, éste posible desarrollo se encontraba condicionado a una serie de acciones que debían llevarse a cabo por parte del sector público y privado, además del necesario incremento de la vinculación universidad-industria. De haber seguido con las recomendaciones de Soberón, el país tendría una mayor capacidad de I&D+i en el área, y probablemente una mayor cantidad de firmas biotecnológicas y de biomedicamentos. Otra estrategia posible era la concentración de los esfuerzos en un número limitado de proyectos y el posible resultado habría sido una industria biotecnológica altamente especializada y adecuada a las necesidades del país, con productos capaces de competir con el mercado internacional¹, como el caso cubano.

Actualmente encontramos un escenario menos exitoso de la biotecnología nacional de lo que se esperaba, pero la pregunta inicial sería, ¿qué tan lejos estamos de explotar el alto potencial que Soberón describió en 1999? Es innegable que existe cierta construcción de capacidades I&D+i en el área, pero es importante localizar los obstáculos que limitan la explotación de todo el potencial nacional.

El propósito del presente trabajo como ya se ha establecido, es determinar las condiciones que prevalecen en el Sistema de Innovación de Biotecnología y cuál es el rol de los institutos de investigación en la construcción de dicho sistema, tomando como foco del análisis a los biomedicamentos. Y la primera interrogante que se debe responder es sobre la relación que guardan los actores involucrados en el desarrollo de innovaciones en el área de los biomedicamentos y ¿si tiene un comportamiento sistémico?

En marco teórico (capítulo 1) se mencionaron los principales elementos de los sistemas de innovación, entre los que se encuentran las universidades y CI, que es donde se forma el capital humano especializado del Sistema y se realiza investigación básica y aplicada. En

¹ Soberón, X. “Biotecnología: Vinculación entre la Investigación Científica Mexicana y el Sector Productivo”, El mercado de valores. Febrero 1999, pp. 50-59.

este respecto podemos mencionar que se ha incrementado de manera importante el número de universidades que ofrecen carreras relacionadas con la biotecnología, además de ser un área prioritaria para el país, así como los proyectos de investigación que se realizan en las mismas. Estas condiciones representan un avance importante, sin embargo no son suficientes para asegurar la existencia de una actuación sistémica por parte de los actores.

Las empresas, universidades e instituciones gubernamentales son esenciales, y el SIB mexicano cuenta con ellas, pero la existencia de estos elementos es simplemente un indicativo de la presencia de una estructura necesaria para la construcción de un sistema, sin embargo esto no garantiza la funcionalidad y articulación del mismo, por lo que no se puede aseverar la existencia de un Sistema de Innovación en Biomedicamentos. Pero la estructura de un sistema no se reduce a el sector académico, el sector privado y el sector gubernamental, la estructura de un sistema de innovación es mucho más amplia y comprende todos los actores que directa o indirectamente participan en la creación del soporte científico, económico y social que en conjunto generen las condiciones recomendables para la innovación. Como se estudió previamente, se puede hablar de 5 elementos principales; a) Sistema educativo, b) Laboratorios, Institutos, Centros, plantas piloto, c) Sistema institucional de planificación, de promoción, de coordinación y estímulo a la investigación, d) Mecanismos Jurídicos y administrativos y finalmente e) los recursos económicos y financieros aplicados a su funcionamiento², estos elementos son contemplados para los Sistemas Nacionales de Innovación por Sabato y autores posteriores³ pero dadas las características del sector tecnológico de los biomedicamentos es apropiado contemplarlos y estimarlos para el análisis del Sistema que nos atañe, por lo que es apropiado realizar una revisión breve de estos elementos, poniendo énfasis en el elemento central de trabajo, es decir, los CI.

² Sabato, J y Botana, N. “La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina”, Revista Integración, N° 3, Buenos Aires, Argentina, Noviembre 1968.

³ Ciceri, H. *Construcción de la agenda Tecnológica Mexicana desafíos impuestos por el contexto integrativo mundial de economía abierta*, Editorial Economic Commission of Latinoamérica. United Nations. UNAM. ejemplar para la revisión discusión México D.F., 2011.

4.1 La estructura del Sistema de Innovación

Es imposible hablar de un Sistema de Innovación sin tomar en cuenta las circunstancias que lo rodean, al analizar un sistema se debe tomar en cuenta tanto los elementos que lo conforman, sus atributos, las interacciones o relaciones de estos elementos y la relación de los elementos con el medio que lo circunscribe, por lo que antes de ahondar en la estructura del Sistema, debemos analizar este último punto.

El sector de mercado de los biomedicamentos es un segmento que pertenece a dos ramas industriales distintas, por una parte a la Farmacéutica y por otra a la Industria de la Biotecnología, esto significa que encontramos el reflejo de ambos modelos en este segmento. Los medicamentos biotecnológicos se han desarrollado en términos comerciales con pocas diferencias respecto a los medicamentos elaborados vía síntesis química, en México el organismo y las normas que regulan la publicidad de productos, servicios y actividades referentes a la Salud incluyen a ambos productos. El Reglamento de la Ley General de Salud en materia de publicidad (RGS en materia de publicidad) que es de carácter obligatorio, establece en su título décimo, dos artículos exclusivos para los productos biotecnológicos en donde establece las restricciones para su publicitación; atribuir a los productos propiedades distintas a aquéllas con las cuales fueron evaluados técnicamente por la Secretaría, presentarlos como indispensables para la vida humana, y emplear calificativos que los presenten como superiores a los productos convencionales o a los productos similares no obtenidos biotecnológicamente⁴. Lo anterior significa que las Farmacéuticas Biotecnológicas en México no tienen la necesidad de generar aparatos mercadológicos diferentes a los tradicionales⁵. Finalmente, en el artículo 70, la Secretaría se reserva el derecho a solicitar mediante un acuerdo las leyendas o restricciones adicionales para estos productos.

⁴ Reglamento de la Ley General de Salud en materia de publicidad, título décimo artículo 70. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MP.pdf, [consultado el 20 de marzo 2015]

⁵ La publicidad para productos farmacéuticos y biotecnológicos se encuentra regulado por el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de publicidad. En él se contemplan dos tipos de publicidad o estrategias mercadológicas para los medicamentos, el primero es la publicidad dirigida a los profesionales de la salud y el segundo al público general.

En resumen, las empresas farmacéuticas biotecnológicas tienen en términos de modelo de negocio, un gran componente proveniente de las Farmacéuticas tradicionales. En este sentido podemos decir que la característica del mercado de las farmacéuticas biotecnológicas es muy similar al tradicional, y al igual que en este último mencionado, el mercado de los biomedicamentos es dominado por las Grandes Farmacéuticas⁶, estas firmas incluso han utilizado a empresas biotecnológicas para obtener nuevas capacidades tecnológicas y así ampliar su mercado; las fusiones y las adquisiciones de empresas biotecnológicas son de uso común entre las Grandes Farmas.^{7, 8}

Esta circunstancia conlleva diversos efectos de los cuales destacan: el notable acotamiento del mercado que significa para la Industria Nacional la presencia de las empresas transnacionales. Otro efecto igual de relevante o mayor aún que el anterior es que éstas empresas cuentan con agendas propias en términos de investigación y desarrollo, directrices que son marcadas por las necesidades de las poblaciones y los países de origen. Esto tiene una inmensa trascendencia, ya que como se ha visto, a partir de estudios genómicos y otras ramas científicas, cada población cuenta con características genéticas que la hacen susceptible a ciertas enfermedades, las cuales al no estar en la agenda de una empresa transnacional, y si las empresas nacionales no cuentan con las capacidades tecnológicas para el desarrollo endógeno, se deja desprovista a la población de curas para las enfermedades endémicas.

Desde la perspectiva de la Industria Biotecnológica la situación nacional se encuentra en un punto diferente, como se mencionó, la biotecnología es una de las denominadas áreas industriales estratégicas, y muchos de estos esfuerzos se están canalizando hacia áreas como son la agrobiotecnología, los alimentos y la biorremediación ambiental; las líneas de

⁶ Ezquivel, E. “La industria farmacéutica en México: un jugoso negocio con la salud”. <http://www.sdpnoticias.com/columnas/2013/05/27/la-industria-farmaceutica-en-mexico-un-jugoso-negocio-con-la-salud>, [consultado el 5 de septiembre 2013].

⁷ Las Grandes Farmas es un término común para nombrar a las empresas farmacéuticas transnacionales.

⁸ Guzmán, A. “Capacidades de la innovación de las farmacéuticas de América Latina”, *Economía: teoría y práctica. Nueva época*, Número Especial 1, 2009.

investigación de muchos de los que podemos denominar Centros Dinamizadores⁹, están enfocadas al desarrollo de proyectos que se encuentran en estas ramas, podemos decir que en el IBT y el CINVESTAV y los CI del CONACyT, se encontraron numerosas líneas de investigación relacionadas con el área de la agrobiotecnología y la agricultura. Adicionalmente podemos agregar que las grandes empresas trasnacionales de estas áreas realizan investigación básica y aplicada en el territorio nacional a diferencia de la farmacéutica; pero desafortunadamente, aun cuando parece que existe un incremento en el número de empresas nacionales, esta rama industrial también es dominada por las empresas trasnacionales como son los gigantes de la bioagricultura Monsanto y Cargill¹⁰.

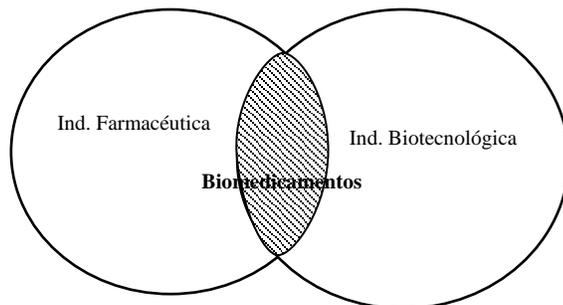


Figura 4.1. Traslape de los Sistemas de Innovación Específicos.

Elaboración propia.

Finalmente, podemos afirmar que el SI en biomedicamentos está caracterizado, así como los dos sectores industriales previamente mencionados, por una presencia apabullante de empresas trasnacionales; no obstante, encontramos empresas locales que intentan superar las dificultades al respecto, empresas como PROBIOMED o SILANES intentan completar

⁹ Los centros dinamizadores fueron definidos en el capítulo 2, esta categoría es asignada dependiendo del grado de impacto de los proyectos de investigación que se llevan a cabo y nivel de vinculación de los centros de investigación.

¹⁰ Trejo-Estrada, S. *La Biotecnología en México: Situación de la Biotecnología en el mundo y situación de la Biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*, Centro de investigación de biotecnología aplicada del IPN, Agosto 2010 y en Los cinco gigantes de la agrobiotecnología, <http://www.2000agro.com.mx/biotecnologia/los-5-gigantes-de-la-agrobiotecnologia/>, [consultado el 22 de septiembre del 2014]

las capacidades tecnológicas requeridas para el desarrollo de sus procesos y productos, sobre todo en la parte de investigación y desarrollo, vinculándose con Universidades y CInacionales. Las relaciones que surgen a partir de este tipo de proyectos son una de las bases fundamentales de cualquier sistema, sin embargo no son las únicas, por lo que debemos tener claro quiénes son los actores que integran el SIBm y cuál es su dinámica interna. ¿Cuáles son los actores internos y cuales son externos? y ¿cuáles son sus características y roles dentro del sistema?

Se han enlistado (Tabla 4.1) a los actores que participan de forma directa o indirecta en la producción de biomedicamentos (ver capítulo1). Para que se lleve a cabo la innovación debe primero generarse una invención o mejora significativa a un proceso y esta debe llevarse al mercado, por lo que las Entidades regulatorias nacionales e internacionales, empresas y el resto de actores que aparecen en la tabla, son elementos fundamentales para el Sistema, además de ser obligados, debido a que sin ellos ninguna empresa de biomedicamentos tendría la posibilidad de comercializar sus productos.

Se han realizado dos clasificaciones de los actores del sistema: la primera determina entre el origen interno o externo de los actores, de este último, encontramos empresas internacionales, y organismos regulatorios como la FDA. Estos Actores no integran el Sistema, sin embargo tienen una gran influencia sobre los actores internos.

Un Sistema de Innovación local como el de los biomedicamentos forma parte de uno más grande, y además de converge a través de sus actores con otros sistemas, es decir, existe un traslape de sistemas.

La segunda clasificación diferencia la naturaleza de los actores del Sistema, la cual se sustenta en el triángulo de Sabato; Industria, Gobierno y Academia, que son los tres esferas que intervienen de forma directa en el proceso de innovación.

Se tomaron en cuenta los elementos de soporte del Sistema (tabla 4.1), es decir componentes que no intervienen de manera directa en el proceso de innovación, pero son necesarios, entre estos se encuentran los proveedores de materia prima, bienes de capital, y las instituciones financieras.

Se debe también destacar que los productores de bienes de capital e instituciones de financiamiento son genéricos y pueden ser de origen nacional o extranjero, sin embargo se han encontrado empresas nacionales que se especializan en la elaboración de ingeniería base y de detalle para las empresas que producen biomedicamentos y empresas del giro biotecnológico, esto es un indicativo de la capacidad del sistema para especializar a los elementos de soporte.

Un hallazgo interesante es el relacionado con la materia prima, en la farmacéutica tradicional la materia prima utilizada para la elaboración de los medicamentos es obtenida de las llamadas Farmoquímicas, estas empresas son las responsables de la síntesis, extracción u obtención por fermentación de los principios activos, y la labor de las farmacéuticas es elaborar las formas farmacéuticas (formulación¹¹ y forma de aplicación¹²). Pero los biomedicamentos como ya se mencionó siguen una vía distinta, por lo que el proceso de fabricación del fármaco y la forma farmacéutica están estrechamente vinculados, esta característica del proceso propicia que algunas empresas decidan realizar ambas actividades como es el caso de Probiomed.

En otros casos, la materia prima son los cuerpos monoclonales y fragmentos de anticuerpos por lo que para su elaboración en algunos casos se recurre a proveedores de plasma fraccionado. Actualmente existe un aproximado de 20 plantas en el mundo que fracciona plasma humano¹³ y Genbio es una empresa mexicana de reciente creación de este tipo, aunque éste hecho no habla del potencial tecnológico del país para crear un sistema de soporte para la elaboración de biomedicamentos.

4.2 La estructura del Sistema

En esta sección analizaremos los elementos nombrados en la tabla 4.1, focalizando el interés en aquellos elementos internos o nacionales, ya que estos son el objetivo primordial

¹¹ Mezcla de principios activos, excipientes y aditivos en cantidades específicas.

¹² Mezcla de uno o más principios activos con o sin aditivos, que presenta ciertas características físicas para su adecuada dosificación, conservación y administración.

¹³ El Economista, Producción de plasma en México será de Calidad : COFEPRIS, <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-empresas/2013/07/30/cofepris-garantiza-que-plasma-mexicano-sera-calidad> [consultado el 27 de octubre de 2014]

del presente trabajo, esto con la finalidad de analizar de forma puntual la situación actual, el alcance del área y si esta tiene capacidades sistémicas.

Al observar de forma integral a los elementos internos del sistema podemos observar una concentración geográfica en el centro del país; en el Distrito Federal y estados circundantes, esta peculiaridad no es propiamente virtuosa para la economía del país, pero si es entendible, por un lado, la obvia concentración de organismos gubernamentales que provienen de un centralismo característico del gobierno en México, lo que produce un natural asentamiento de empresas en la vecindad de esta región.

También se encuentran elementos en otras regiones del país, las cuales se caracterizan por ser regiones con alta concentración industrial, tal es el caso del Bioclúster de Occidente que se localiza en Guadalajara Jalisco, en donde se están concentrando un número importante de empresas biotecnológicas (alrededor de 37)¹⁴ con orientación biomédica, esto con el fin de generar un polo biotecnológico dentro del país que tenga características parecidas a los clusters norteamericanos en donde las empresas conviven con la academia y concentran capacidades tecnológicas comunes generadas por la vinculación predominante y con el propósito de generar proyectos significativamente innovadores. El Bioclúster de Occidente se encuentra en una etapa inicial de desarrollo¹⁵, en su interior se han desarrollado un buen número de proyectos tecnológicos y actualmente se está realizando la investigación para un producto innovador, lo cual significaría un avance importante en la consolidación del Bioclúster y de la región en materia biotecnológica. Sin embargo, en gran medida el éxito de los proyectos depende del financiamiento que en este caso provienen mayoritariamente de CONACyT¹⁶. Estas regiones tienen incentivos de tipo económico que provienen de la factibilidad de obtener financiamiento por parte de los gobiernos locales y federales, esto a través de los incentivos para la innovación, los fondos sectoriales y Fondos mixtos principalmente. Al existir una organización que tenga como fin el desarrollo

¹⁴ El Bioclúster de occidente, <http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/01/06/jalisco-crea-cluster-biomedico-occidente> [consultado el 2 de octubre de 2014]

¹⁵ Pedroza, A. y Abundis, C. “Bioclústers, enlaces de la colaboración tecnológica en la globalización” en Estrada, Salvador. Martín, María y Molina, Rubén. *Diversidad Cultural y Colaboración Socio tecnológica*, Segundo Foro Nacional sobre multiculturalidad. 2010

¹⁶ *Ibidem*, Pedroza 2010

tecnológico en un área prioritaria, la vinculación y el fortalecimiento industrial y social de la región, será más sencillo adquirir financiamiento gubernamental, esto lo podemos confirmar al revisar los proyectos que se han generado a partir del Bioclúster de Occidente, en donde el 100% han sido beneficiados con algún tipo de mecanismo para la promoción de la ciencia, tecnología e innovación¹⁷. Este Bioclúster no cuenta con un espacio físico, es simplemente una agregación de diferentes instituciones y empresas que tienen como objetivo establecer una red de relaciones.

En la tabla 4.1 podemos observar la desigualdad que existe entre los tres tipos de elementos, es decir, por un lado las instituciones académicas superan en número a las empresas y si bien es cierto que las primeras proveen a empresas de sectores tecnológicos distintos, también es cierto que la producción del capital humano en términos generales supera a la demanda, esto es un indicativo del bajo desarrollo de cualquier sistema de innovación.

Otra situación que debemos enunciar es el desbalance existente en los entes gubernamentales que promueven, dirigen y evalúan las actividades del sistema en donde nuevamente podemos distinguir que las instituciones gubernamentales también atienden a otros sectores, por lo que puede ser insuficiente y falta de especialización de las mismas, sobre todo las relacionadas con la promoción de la ciencia y la tecnología como es el caso de CONACyT y los Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología.

A continuación se procederá a analizar de forma independiente a los elementos internos del sistema de innovación, para lo cual se consideró la importancia del elemento al establecer el orden de aparición.

¹⁷ Cuevas G. “Bioclúster de occidente como plataforma para el desarrollo, cooperación y competitividad tecnológica”, Primer Seminario Nacional de Economía Institucional.

Tabla 4.1. Elementos internos y externos del Sistema de Innovación de Biomedicamentos

Instituciones de Gobierno	Academia e Institutos de Investigación	Empresas Nacionales en México
Elementos internos		
Secretaría de Salud	Universidades Nacionales públicas	Silanes
	Universidades estatales públicas	Langebio
Comisión Federal contra Riesgos Sanitarios (Cofepris)	Universidades privadas	Probiomed
		Birmex
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	Centros de Investigación Nacionales especializados en biotecnología (IBt, CINVESTAV,	Fundación LUSARA (investigación científica)
Secretaría de Ciencia y Tecnología del D.F. (Seciti)	Centros de Investigación de universidades privadas	Laboratorios PISA
	Academia Mexicana de Ciencias	Global biotech
Concejos Estatales de Ciencia y Tecnología	Centros de Investigación de CONACyT	ERM México (consultoría)
	Centros de Investigación del sector Salud	Bio ZOO (biofarmacéutica veterinaria)
Secretaría de Economía	Sociedad Mexicana de Biotecnología y bioingeniería	Bioresearch de México (investigación y desarrollo de medicamentos)
Concejo Consultivo de Ciencia	ANUIES	Kenton de México
		Antibióticos de México
IMSS		Laboratorios de análisis (terceros autorizados)
Secretarías Estatales de Salud		Empresas de Ingeniería especializadas en biotecnología y biofarmacéutica
ISSSTE		Instituciones financieras (Bancomex y Nafinsa)
		Empresas proveedoras de materia prima como Genbio que a la vez es productora de biomedicamentos
Elementos externos		
FDA	Universidades Extranjeras que tiene convenios con las universidades e institutos Nacionales	Empresas Transnacionales

Fuente: Elaboración propia

4.4 El rol de las Empresas en el Sistema

Los elementos fundamentales de cualquier sistema de innovación son las empresas, en ellas se llevan a cabo los procesos más importantes de innovación, la incorporación al proceso productivo y la difusión

Para una empresa dedicada a la producción de medicamentos biotecnológicos, las actividades de investigación, desarrollo e innovación son indispensables, dado el proceso de fabricación de los biomedicamentos. En general los medicamentos elaborados por síntesis química o los biotecnológicos tienen un aparato mercadológico diferente al grueso de los productos, ya que la publicidad se lleva a cabo con los médicos que resultan ser intermediarios y no con los usuarios finales, es decir los pacientes.

En el capítulo 3 se ofrecieron los hallazgos encontrados sobre las empresas mexicanas que se dedican a la producción de medicamentos biotecnológicos, y como se mostró en dicho capítulo, la lista es breve pero las características resultan muy diversas de cada una de ellas, sobre todo en lo referente al tipo de producto que elaboran.

Es importante definir los atributos más importantes de las empresas biotecnológicas, y una de ellas es la inversión requerida y aun cuando se trata de una de las industrias más restrictivas en lo que se refiere a los permisos regulatorios y a la complejidad de sus procesos circunstancias que contrastan con el hecho de que la producción de biomedicamentos no requieren de altos costos, la materia prima es relativamente barata y los equipos pueden ser utilizados en otros procesos, por lo que esta característica es un incentivo para su desarrollo.

Otros elementos importantes de las empresas que suman al Sistema, son la acumulación de activos intangibles y el aprendizaje tecnológico, elementos que pueden desencadenar en el desarrollo de innovaciones y el aumento de las capacidades tecnológicas. Dichas capacidades son las habilidades técnicas, organizativas y de gestión necesarias en una empresa para instalar una planta, utilizarla eficientemente, mejorarla y ampliarla con el tiempo, así como desarrollar nuevos productos y procesos¹⁸. Estas capacidades son adquiridas de diversas maneras en las

¹⁸ Ciceri, H. *Manual para la elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Coordinación de Ingeniería en sistemas, Programa de Posgrado en Ingeniería. 2007

empresas y están relacionadas con diversos factores, entre los que destaca el entorno económico y el Sistema Nacional de Innovación¹⁹ y el Sistema de Innovación Específico.

Como ya lo hemos mencionado, cada Sistema de Innovación tiene características diferentes están relacionadas con los elementos que lo integran y si empresas disponen de capacidades tecnológicas intermedias²⁰ y/o avanzadas es probable que el Sistema de Innovación sea maduro, es decir, altamente integrado (co-evolución).

Dichas capacidades estas relacionadas con las actividades o estrategias que realizan o utilizan las empresas. Para las empresas de biomedicamentos resulta esencial contar con actividades enfocadas a la investigación básica y aplicada, solicitud, licenciamiento o adquisición de derechos de patentes, formación y especialización de sus recursos humanos, actividades relacionadas con la producción y control de calidad, adaptación de bienes de capital, instalación de software y herramientas de recolección del conocimiento científico así como la vinculación con universidades y CI. Finalmente, el grado de prioridad y complejidad de cada una de estas actividades está directamente relacionado con la capacidad tecnológica y la capacidad de innovación de la empresa, y por lo tanto, con la probabilidad de mantenerse en el mercado siendo competitiva.

En la presente sección trataremos de establecer con la información obtenida en los capítulos anteriores, las características generales de las empresas que integran el Sistema de Innovación en Biotecnología tratando de enfocarnos en sus capacidades y las estrategias directivas que las caracterizan. Se ha elegido a Probiomed por ser un caso icónico de la biotecnología en México, y a pesar de que esta empresa ha sido objeto de innumerables análisis, resulta imprescindible al analizar el sistema.

¹⁹ Dutrenit, G. “Diferencias en el perfil de Acumulación de Capacidades Tecnológicas en Tres empresas mexicanas”, El Trimestre Económico, Revista de la CEPAL. Vol. 70, No. 277(1), Enero-Marzo de 2003, pp. 109-165

²⁰ Bell y Pavitt “The Develop of Technological Capabilities”. Trade, Technology and International Competitiveness, Washington, Banco Mundial, 1995

Caso 1 Probiomed

La empresa Probiomed es pionera y actualmente la más exitosa en México en la producción de medicamentos biotecnológicos biocomparables²¹ y el caso ha sido tema de un vasto número de análisis y una de las principales razones es la acumulación y despliegue de sus capacidades tecnológicas; Probiomed al nacer en los años 70s del siglo pasado superó los diversos cambios en materia de protección industrial y modelo económico que México experimentó a partir de esa época.

Una de las circunstancias más difíciles fue cuando en 1991 se promulgo la nueva Ley de Propiedad industrial, la cual fue el preámbulo a la firma del Tratado del Libre Comercio con América del Norte (TLCAN), esta Ley colocaba a los medicamentos como productos susceptibles de patentabilidad, lo cual era nuevo en el país.

Como ya se ha mencionado, los biomedicamentos no siguen los mismos métodos de producción que los medicamentos sintetizados, por lo que las patentes para estos biomedicamentos son difíciles de reproducir, los medicamentos biocomparables deben desarrollar métodos propios para poder producirse. Probiomed antes del cambio en la legislación había iniciado proyectos para desarrollar productos a partir de la biotecnología moderna (ADN recombinante) y tomando en cuenta la forma de desarrollo, decidió continuar con los proyectos a sabiendas de que sería muy complicado un proceso de demanda por las patentes de los biomedicamentos innovadores.

Probiomed se ha dedicado a producción de proteínas recombinantes, ampliando posteriormente su catálogo de productos, sumando hormonas producidas con la nueva biotecnología como la Eritropoyetina humana recombinante e interferones y actualmente existe un proyecto para producir insulina humana recombinante..

La empresa no tiene las capacidades de I&D+i para realizar todas las etapas necesarias para desarrollar un producto, por lo que incorpora a grupos externos de investigación, que

²¹ Se denomina medicamento biotecnológico biocomparable, al medicamento biotecnológico no innovador que demuestre ser biocomparable en términos de seguridad, calidad y eficacia al medicamento biotecnológico de referencia a través de las pruebas que establezca la Ley, el Reglamento de Insumos para la Salud y demás disposiciones aplicables

trabajan diferentes etapas, que son completadas con los grupos de trabajo internos. La Empresa en ocasiones realiza con sus científicos toda la investigación²².

Otra característica interesante es la forma en la que determinan sus proyectos; en su artículo Guadarrama relata cómo la empresa realiza esta labor.

“El proceso de identificación de oportunidades de mercado está basado, primero, en las necesidades del cuadro básico del sector salud para productos biotecnológicos que tengan una demanda atractiva y que en la actualidad se importen. Una vez identificada la oportunidad, se verifica que además, exista el conocimiento de estos productos en grupos de investigación nacionales. En este sentido, la empresa se orienta a productos en los que no se están realizando esfuerzos de producción nacional y que, en el ámbito mundial se encuentran muy pocas compañías que puedan proveer estos productos. En resumen, el perfil de estos productos es que tengan una baja competencia, un mercado atractivo, buenos precios y que sean de los más avanzados en tecnología.”²³

Es importante destacar que la empresa está consciente de la relevancia de acumulación de capacidades tecnológicas, por lo que busca proyectos con la más alta complejidad tecnológica posible, esto con la finalidad de escalar en esta materia, lo cual podría poner a la empresa en algún momento a la vanguardia tecnológica mundial. Actualmente la empresa exporta sus productos a Latinoamérica, lo cual es un indicativo del camino que desea seguir la empresa.

Las capacidades tecnológicas que acumula provienen principalmente del aprendizaje obtenido a través de la vinculación con otras empresas o con las Universidades. Probiomed se ha vinculado principalmente con el IBT de la UNAM, la Universidad de Morelos y el CINVESTAV. Actualmente se encuentra vigente uno de los proyectos más ambiciosos de la empresa; el desarrollo de insulina humana recombinante, en el cual colabora el IBT. Un elemento adicional que hay que destacar es la habilidad de la empresa de maximizar su potencial en términos económicos

Caso 2 Bioclón

²² *Ibidem*, Guadarrama, 2005.

²³ *Ibidem*, Guadarrama, 2005

El siguiente caso es el instituto Bioclón, empresa creada a partir de esfuerzos de varias empresas entre las que destaca el Grupo Silanes. Para la creación de Bioclón fueron utilizadas aportaciones del CONACyT a través de los programas creados para incentivar la innovación. Su principal objetivo ha sido el desarrollo y producción de antivenenos para tratar las picaduras o mordeduras de animales ponzoñosos. Con el mismo modelo seguido por Probiomed, el instituto Bioclón estableció una red de colaboración con el IBT de la UNAM a través de dos investigadores. Así, se logró la producción industrial de sueros antivenenos con muy escasa reacción de tipo alérgico o anafiláctico²⁴.

Bioclón ha creado, como Probiomed, una red de investigación que incluye, además del IBT de la UNAM, laboratorios del CIB de la UAEM, la UANL, el Institute de Recherche pour le Development (Francia) y la Universidad de Arizona.

A diferencia de Probiomed (que produce biocomparables), la tecnología desarrollada por el Instituto Bioclón fue patentada, tanto en México como en otros países. Su primer resultado positivo fue la manufactura y venta del suero anti alacrán, llamado AlacraMyN que en 2007 produjo ventas por 100 millones de dólares²⁵.

Los productos de esta empresa, están denominados como productos huérfanos, título que le fue otorgado por la FDA, la cual aprobó la venta de los productos de esta empresa en Estados Unidos.

Al analizar la acumulación de las capacidades tecnológicas de Bioclón nos encontramos que a pesar de no tener un catálogo de medicamentos amplio y al enfocarse en los medicamentos huérfanos, ha definido y utilizado estrategias de gestión tecnológica poco comunes pero que hasta el momento resultan efectivas, ya que se ha puesto a la vanguardia de la biotecnología en el desarrollo de los fármacos²⁶, al grado de haber obtenido diversas patentes y la inclusión en el mercado norteamericano. El gran aporte de Bioclón no solo es en

²⁴ Página oficial del grupo Bioclón [<http://www.bioclon.com.mx/bioclon/html>] consultada en 29 de septiembre 2014

²⁵ *Ibidem* Dutrenit, 2003

²⁶ Medicamentos de origen biotecnológico que son anti veneno ó antídoto para las picaduras o mordeduras de animales ponzoñosos.

términos biotecnológicos, también en cuanto al modelo de negocio y a la capacidad de sus dirigentes de localizar un sector de los biomedicamentos que no había sido explorado.

Debemos mencionar que actualmente existen otras empresas mexicanas que se dedican a la producción de biomedicamentos, de entre las que destacan Pisa Laboratorios, esta empresa actualmente comercializa insulina humana y otros interferones y también encontramos a la empresa Cryopharma, entre otras, pero ninguna de estas produce biomedicamentos innovadores.

Las empresas que producen la materia prima (biofarmoquímicas) para los biomedicamentos (productos son elaborados a partir de hemoderivados y en otros casos son interferones o fragmentos de proteínas) utilizan tecnología de punta, y en algunos casos las biofarmacéuticas elaboran desde el biofármaco hasta obtener el producto terminado, Probiomed decidieron elaborar su propia materia prima pero en otros casos se recurre proveedores. En el 2011 el grupo Somar instaló una planta de fragmentación de sangre humana (en el mundo solo existen 20), esta filial de grupo denominada Biogen tiene como objetivo producir medicamentos biológicos, además de ser proveedor. Este hecho pone de manifiesto la importancia que está adquiriendo en México el desarrollo de empresas de mismo rubro o sus proveedores.

4.5 El rol de Centros de Investigación analizados

El objetivo principal del trabajo es el de explorar el rol de los CI; El instituto de Biotecnología de la UNAM, El CINVESTAV del IPN y el Centro de Biotecnología FEMSA(CB-FEMSA) del ITESM, esto en el contexto del SIB y en esta sección se presentan los hallazgos encontrados.

Al hablar de las capacidades organizacionales de una institución se debe tomar en cuenta la misión de la misma, para poder determinar si los resultados obtenidos sintonizan con dicha aspiración. Es decir, cada organización sin importar su naturaleza fija sus objetivos y el éxito de dicha organización es evaluado de acuerdo el grado de cumplimiento de este criterio.

Por lo tanto, primero debemos entender que los objetivos fundamentales de los tres centros son generar conocimiento científico y formar capital humano de alto nivel, al CB-FEMSA le

podríamos agregar el diseño modelos de negocio en áreas biotecnológicas y alimentarias²⁷, es decir, dentro de los planes de estudio del CB-FEMSA se contempla el desarrollo de proyectos piloto que podrían ser susceptibles de maduración por medio de los mecanismos con los que cuenta el Centro para dichos fines, es decir las incubadoras de negocios, además del desarrollo de profesionales expertos en Bionegocios²⁸. Lo anterior representa una ventaja importante para el Centro y la Institución, ya que ha acercado a las empresas y el Centro, actualmente el CB-FEMSA cuenta con diversos proyectos vinculantes de gran importancia para el desarrollo de Biomedicamentos, enzimas para la industria alimentaria y nutraceuticos²⁹.

Por otra parte, las dos primeras instituciones han desarrollado diversas capacidades, es decir, el IBT y el CINVESTAV durante su tiempo de existencia, han mostrado un crecimiento como institución de acuerdo con sus objetivos planteados, es decir, han adquirido capacidades científicas, tecnológicas, capacidades para preparar capital humano calificado y altamente especializado, pero como vimos en la Teoría de la Innovación se pone de manifiesto que los CI y las universidades, a partir de finales de del siglo pasado, han añadido a sus objetivos el crear bienes económicos, este nuevo rol de los institutos se da a través de la vinculación principalmente, pero está claro que en México no se ha podido avanzar en lo que podríamos llamar la cultura de la vinculación y los *spin offs*³⁰, dejando rezagada a la industria y también a los centros, porque la acumulación de capacidades a través del aprendizaje tecnológico³¹ que trae consigo la vinculación se da en ambos sentidos³², es decir, los CI también adquieren aprendizaje tecnológico y de otra índole al vincularse con las empresas, por lo que una de las capacidades organizacionales más importantes a observar en cualquier CI será su capacidad de vincularse.

²⁷ Página oficial de la fundación FEMSA, <http://www.fundacionfemsa.org/>, [consultado el 10 de octubre de 2014]

²⁸ Página oficial del Centro de Biotecnología -FEMSA del ITESM <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/itesm/tecnologico+de+monterrey/investigacion/centros/por+campus/monterrey/centro+de+bio+tecnologia+femsa+cb-femsa.inv+itesmv2>[consultado el 20 de octubre de 2014]

²⁹ Página oficial del Centro de Biotecnología -FEMSA del ITESM <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/itesm/tecnologico+de+monterrey/investigacion/centros/por+campus/monterrey/centro+de+bio+tecnologia+femsa+cb-femsa.inv+itesmv2>[consultado el 20 de octubre de 2014]

³⁰ Se entiende por *spin offs* a las empresas generadas a partir de un desarrollo tecnológico o científico en el seno de una universidad o centro de investigación.

³¹ Véase aprendizaje tecnológico en la página 5.

³² *Ibidem* Dutrenit, 2003

El CB-FEMSA fue creado recientemente, por lo que las capacidades científicas y tecnológicas están en un proceso de maduración, esto se evidencia al comparar las planta académica de las instituciones; el CB-FEMSA cuenta con un número aproximado de 25 investigadores³³, y los otros dos institutos cuentan con más de un centenar, otro indicativo son el número de proyectos de investigación y las publicaciones, los cuales están directamente relacionados con el número de investigadores. Sin embargo existen dos elementos que comparativamente no son tan diferentes entre los Centros, estas son las patentes y los proyectos de vinculación.

Es posible afirmar que el IBT y el CINVESTAV tienen una capacidad de vinculación limitada, ya que los proyectos que son realizados por esta vía son escasos; de acuerdo a los datos obtenidos por medio de las entrevistas y fuentes de información bibliográfica, los proyectos son iniciados desde las empresas y en gran medida se dan para sustituir o subsanar las capacidades científicas y tecnológicas con las que no cuentan las empresas. En diversos trabajos de investigación se han puesto de manifiesto los obstáculos para vinculación y uno de los que podemos destacar es la poca coordinación entre los diferentes grupos de trabajo así como las culturas de cada una de las organizaciones³⁴. Sin embargo este obstáculo ha sido medianamente superado por el CB-FEMSA, que por su naturaleza privada debe recurrir a las empresas para hacerse de infraestructura científica. Esto de alguna manera establece el rumbo de los proyectos de investigación que se han de consolidar dentro de dicho centro. Un indicativo de lo anterior son las líneas de investigación que se manejan, las principales están enfocadas a la investigación y desarrollo de propiedades alimenticias, enzimas utilizadas en la industria alimenticia y productos nutracéuticos, dejando un poco limitada la actividad en el área. A pesar de esto se manifiestan diversos tipos de vinculación con empresas de esta sub-área tecnológica³⁵.

Por otro lado, los investigadores de los CI del IBT y del CINVESTAV al igual que los CI en Latinoamérica, no se caracterizan por tener un amplio conocimiento de propiedad intelectual y

³³ Información obtenida a partir de los datos encontrados en Página oficial ITESM investigación científica, <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/ITESM/Tecnologico+de+Monterrey/Investigacion> [Consultado el 20 de octubre de 2014]

³⁴ *Ibidem*, Guadarrama. 2005.

³⁵ *Ibidem*, Página oficial del Centro de Biotecnología -FEMSA del ITESM.

de la importancia de la transferencia tecnológica, esta problemática se pone de manifiesto en los trabajos de Sabato y Botana, quienes abordan este tema. Actualmente las universidades han tratado de corregir este problema con la creación de unidades especializadas en propiedad intelectual y transferencia tecnológica que brindan asesoramiento en la materia a los investigadores-inventores. No obstante los esfuerzos que se han realizado por parte de las universidades para la generación de una cultura de la protección de la propiedad intelectual, no ha habido un cambio significativo y actualmente son los extranjeros los que más patentes tienen registradas en el país. Es importante señalar que es una problemática profunda que atañe incluso a las instituciones gubernamentales encargadas de promover la actividad científica en México, en donde los requisitos para acceder a estímulos económicos están basados principalmente en los artículos generados más que en los proyectos vinculantes o patentes solicitadas. El generar una cultura de la vinculación y la propiedad intelectual en el seno los recintos donde se genera la investigación científica en materia biotecnológica, representa un reto que podría cambiar al sistema mismo.

Otra de las capacidades de los CI es la capacidad científica, que está relacionada por la infraestructura y equipamiento así como la alta calidad del capital humano. Esta capacidad se pone de manifiesto con la cantidad de artículos científicos publicados en los Centros, que además tienen un alto impacto sobre todo en Latinoamérica y las líneas de investigación de son tanto de investigación básica como aplicada.

Un factor que influye en el interés por parte de las empresas para iniciar un proyecto en conjunto o el comprar algún producto o proceso por medio del licenciamiento de una patente a una universidad o CI, es el nivel es la etapa de en la que se encuentra la investigación, es decir, el tiempo de vida de una patente es de suma importancia para las empresas que se dedican a realizar medicamentos innovadores, por lo que un proyecto que ya cuenta con una patente pero que está en una etapa intermedia o básica de desarrollo no es de interés, sin embargo la formación de una cultura emprendedora al interior de los CI puede sustituir el poco interés por parte de las empresas hacia los proyectos poco desarrollados.

Finalmente, las políticas gubernamentales de ciencia y tecnología y la relación que guardan los Centros con aquellos actores gubernamentales que pertenecen al sistema y que son los medios de instrumentación.

4.6 El rol de las Instituciones Gubernamentales

El último grupo de actores según la tabla 4.1 son las instituciones gubernamentales, las cuales son aceleradores³⁶ del sistema, es decir, pueden facilitar o entorpecer las relaciones del sistema, Además de jugar un papel de cliente. Se pueden distinguir actores que tienen un alto nivel de influencia dentro del Sistema, como son la Secretaria de Salud y las dependencias estatales de Salud, el IMSS y el ISSSTE, ya que son los clientes con mayor capacidad de compra, y en muchas ocasiones guían a las firmas en la elección de proyectos; empresas como Probiomed enfocan sus esfuerzos en desarrollar productos de alta demanda en el Sector de Salud Pública. Otro actor del Sistema con alto impacto es el CONACyT, ya que es a través de él y los Consejos estatales que se destinan recursos a proyectos de I&D+i

Finalmente, el Poder Ejecutivo a través de la Secretaria de Salud dicta las políticas para la regulación del desarrollo, la producción y comercialización de los biomedicamentos por lo que también pertenece al grupo que ejerce un alto impacto en el sistema.

4.7 La actuación sistémica y las relaciones internas

Como ya se ha expresado, la visión de Sistema contempla una serie de características y procesos que deben llevar a cabo los actores, como son centralidad, sinergia, dirección, objetivos comunes, relaciones estables (capítulo 1 marco teórico). Estos conceptos son de enorme relevancia para responder si existe una actuación sistémica por parte de los actores que interviene en la producción de innovaciones en el área. Adicionalmente nos puede otorgar información acerca de las fallas funcionales encontradas que se oponen al fortalecimiento o la construcción del Sistema de Innovación.

Para abordar el tema primero deberemos realizar algunas precisiones; durante esta sección se continuará con la clasificación o división realizada en el inicio del presente capítulo, en donde se conjuntaron para el análisis a los diferentes actores en tres rubros: Gobierno, Academia y Empresas. Posteriormente ahondaremos en aquellos elementos que consideremos de mayor relevancia y presentaremos un mapeo de las mismas.

³⁶ Se entiende por enzima una sustancia de naturaleza proteica que cataliza (acelera) las reacciones químicas biológicas, adaptando este concepto al objetivo del estudio podemos decir que una enzimas un facilitador de la actividad supuesta.

La primera pregunta que surge es entonces, es si este grupo de actores heterogéneos tienen definido un objetivo común, la respuesta obvia es afirmativa, es decir, todos los actores que intervienen en el proceso de innovación en el área de biomedicamentos tienen como objetivo el desarrollo de biomedicamentos innovadores, sin embargo, los actores al ser compartidos con otros sistemas diversifican sus recursos.

Existen entre los actores dos tipos de relaciones; las verticales, en donde hay un actor con mayor jerarquía, y las horizontales, que se da entre iguales (Figura 4.2). En el SIBm concurren los dos tipos de relaciones. El CONACyT, la COFEPRIS, la SSA, mantienen relaciones verticales con las empresas, mientras que las IES y CI, mantienen relaciones horizontales entre sí, sin embargo, estas relaciones se modifican, cuando los recursos de los CI, provienen principalmente de las empresas, ya que son ellas las que guían los proyectos de investigación.

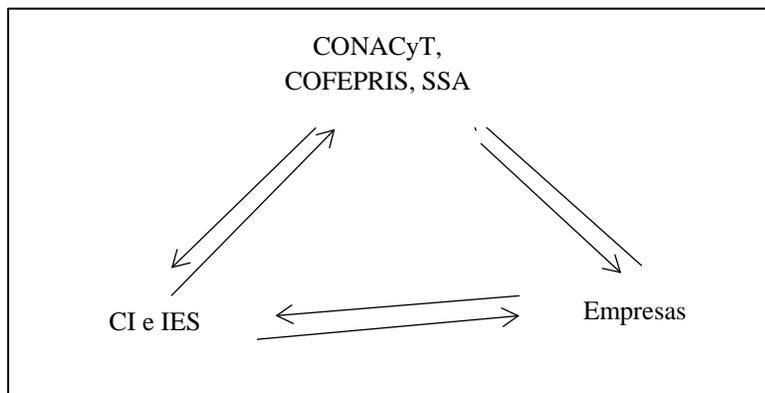


Figura 4.2 Adaptación del Triángulo de la Innovación. Fuente: Sabato y Botana.

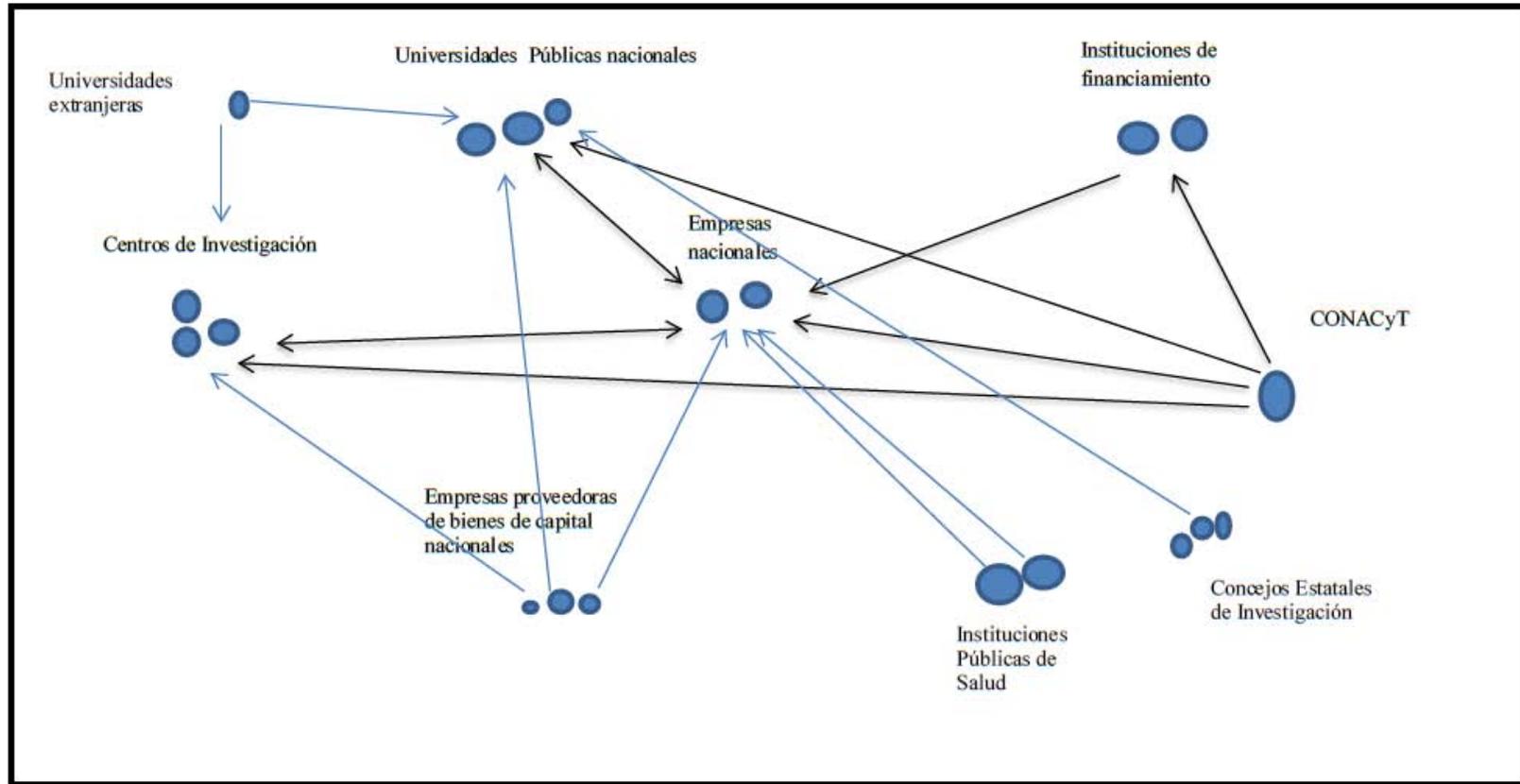


Figura 4.3 Mapa de relaciones del Sistema de Innovación en Biomedicamentos. Fuente: Elaboración propia.

4.8 La dirección del SIBm

En un limitado número de casos los Sistemas de Innovación se han generado de forma fortuita ocupando de forma instintiva los roles necesarios, pero en otros casos la ocupación de esos lugares son asignados desde alguna de las tres esferas que participan en la innovación.

En diversos trabajos, el Gobierno ha dejado de ser un ente cuya única función se limita a regular las actividades de las otras dos esferas para convertirse en un elemento activo³⁷, que participa y promueve las interacciones entre el resto de los actores por medio de las políticas públicas, con el fin de dirigir y facilitar la innovación³⁸. Estas relaciones son de diferente naturaleza, y se adaptan a las necesidades y características del Sistema, en algunos ejemplos, podemos observar que el Gobierno actúa como un cliente de las empresas y promueve la vinculación para complementar las capacidades tecnológicas incompletas y de esta forma fortalecer el Sistema.

Lo anterior indica que el Gobierno ha asumido la función de coordinador del SIBm. El Sistema Nacional de Investigadores, los fondos para el financiamiento de proyectos científicos y tecnológicos, el Padrón de Posgrado de Calidad, las redes científicas y el programa de becas de posgrado son parte de los instrumentos que el Gobierno ha concebido para el fortalecimiento de Sistema Nacional de Innovación y por lo tanto de los sistemas específicos, entre ellos el SIBm. Sin embargo, el órgano encargado de administrar todos estos instrumentos es el CONACyT.

El cuestionamiento que surge es si el Gobierno, representado por el CONACyT, cumple con la tarea de dirigir y administrar los recursos destinados a la innovación de forma eficaz para todos los sistemas específicos que pertenecen a las áreas prioritarias, Es decir ¿el CONACyT cumple con la tarea de dirigir a este sistema de innovación específico?

La capacidad de dirigir por parte de este organismo puede ser analizado desde dos ángulos, el primero está relacionado con la aptitud de generar políticas públicas que

³⁷ Etzkowitz, H. “The Triple Helix of University-Industry-Government Implications for Policy and Evaluation”, *Science Policy Institute*, SISTER, Estocolmo, 2002.

³⁸ *Ibidem*, Etzkowitz, 2002

orienten a los actores y den como resultado la concentración de esfuerzos para el desarrollo del área , en este caso los biomedicamentos. El otro ángulo es el concerniente a la habilidad de incorporar o atraer al resto de los elementos formando entre los diversos actores, es decir, generando proyectos que involucren a los elementos principales del sistema.

El CONACyT cuenta con dos herramientas para este propósito, la primera son los estímulos para la innovación, que están integrados por los diferentes fondos para el financiamiento de proyectos tecnológicos, de estos fondos se han beneficiado las empresas Probiomed y Silanes. Estos fondos han sido útiles para las empresas que se encuentran en las primeras fases de desarrollo o que requieren ampliarse, es importante mencionar que estos fondos se han mantenido durante varios sexenios y han resultado muy provechosos, sin embargo este mecanismo limita el número de proyectos financiados, ya que están sujetos a un presupuesto y un tope de financiamiento, estos financiamientos constituyen un máximo del 20% del valor del proyecto. Sin embargo no se han generado proyectos que promuevan el funcionamiento sistémico y subsanen las debilidades del Sistema.

El otro instrumento son las redes científicas, que tienen como finalidad acercar a las empresas tecnológicas con los científicos del área de interés, promoviendo la vinculación. Estas redes son una herramienta nueva que se encuentra en una etapa inmadura aún, esto se hace evidente cuando se observa que las empresas de biomedicamentos generan las relaciones de trabajo con los grupos científicos de los CI por medios diferentes a las redes científicas.

Se puede aseverar que las áreas más robustas y con mayor grado de madurez dentro del CONACyT son las relacionadas a las actividades dedicadas a los estímulos para el capital humano científico de alto nivel, es decir, El sistema Nacional de Investigadores, el Programa de Posgrados de Calidad y el Programa de Becas nacionales y para el extranjero³⁹.

³⁹ Dutrenit Gabriela. “Política de ciencia, tecnología e innovación, incentivos y comportamiento de los agentes y lecciones del caso mexicano”, *Economía: Teoría y práctica*, núm. 24, 2006, pp. 93-118

Finalmente, es importante mencionar una característica de vital importancia para la conducción del SIBm por parte de CONACyT: la falta de especificidad o especialización para el área de los biomedicamentos. Esta característica resulta desfavorable para la innovación en esta y cualquier otra área. No obstante que el CONACyT proporciona mecanismos para el fortalecimiento del Sistema Nacional de Innovación, este está formado por otros subsistemas, los cuales son las unidades fundamentales, por lo que es necesario fortalecerlos, sin embargo es difícil el atender un elemento si no es conocido o entendido, en el área de los biomedicamentos incorporar áreas científicas del alto nivel requiere de una dirección con los conocimientos necesarios para entender las necesidades del sistema y tener claros los objetivos.

Por lo que podemos concluir que no se observa una dirección del Sistema de Innovación en Biomedicamentos, por lo tanto, CONACyT cumple solo parcialmente con esta tarea.

Conclusiones

En el inicio de este capítulo se retomaron los principales cuestionamientos que integran el problema abordado en esta investigación a partir de los cuales podemos afirmar lo siguiente:

El primer elemento de diagnóstico está relacionado con la actuación que caracteriza al SIBM, de lo cual se observa que existen algunos elementos como son la estructura y las relaciones internas, pero carece de elementos esenciales, como son los objetivos definidos, la sinergia y la dirección al interior del sistema; es importante destacar que existe débil dirección por parte del CONACyT debido a la falta una especialización y concentración de recursos.

Otro elemento que proveniente de la falta de dirección, es que no se advierte una política pública que enfoque esfuerzos para el desarrollo de los biomedicamentos y que promueva las relaciones al interior del sistema.

Al interior de los CI encontramos que no existe una cultura empresarial y de *spin offs* en las universidades que puedan generar más empresas biotecnológicas, esto también constituye un reflejo de la carencia de políticas enfocadas al acoplamiento del sistema.

De los elementos de diagnóstico se encontró que existen los elementos necesarios para la generación de una estructura y construcción del SIB, sin embargo existe una circunstancia que debe ser analizada, la cual está relacionado con el organismo regulatorio (la COFEPRIS) que interviene en el Sistema, ya que no es especializado en el área y no entiende las necesidades particulares del sector.

En el contexto nacional del sistema, encontramos que las empresas Farmacéuticas Transnacionales ejercen una gran influencia sobre los mercados y dejan un muy limitado margen de maniobra a las empresas nacionales, además de influenciar los organismos que establecen los marcos regulatorios relacionados con el área biotecnológica, esto significa un acondicionamiento y acotamiento importante.

Las empresas como Probiomed y Silanes son los remanentes de la política de substitución de importaciones de los años ochenta del siglo pasado, que contando con dirigentes con visión, supieron encaminar los esfuerzos y utilizar los mecanismos de financiamiento e inversión del sistema, esto debe ser considerado en la elaboración de políticas tecnológicas e industriales, ya que se ha optado por eliminar este tipo de incentivos y sustituirlos por los financiamientos por concurso.

Finalmente después de analizar y reunir todos los elementos descritos anteriormente, se puede concluir que el SIBm tiene un nivel de integración bajo, no se encuentra articulado y carece de dirección.

Referencias

- Bell y Pavitt “The Develop of Technological Capabilities”. *Trade, Technology and International Competitiveness*. Washington, Banco Mundial, **1995**.
- Ciceri, H. *Construcción de la agenda Tecnológica Mexicana desafíos impuestos por el contexto integrativo mundial de economía abierta*, Editorial Economic Comission of Latinoamérica. United Nations. UNAM. Ejemplar para la revisión discusión México D.F., **2011**.
- Ciceri, H. *Manual para la elaboración del proyecto de tesis, caso práctico y otras opciones de graduación*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Coordinación de Ingeniería en sistemas, Programa de Posgrado en Ingeniería, segunda edición, **2007**.
- Cuevas G. “Bioclúster de occidente como plataforma para el desarrollo, cooperación y competitividad tecnológica”, Primer Seminario Nacional de Economía Institucional, noviembre **2008**.
- Díaz, G. “Componentes y dinámicas internas de un Sistema de Innovación Regional: la Región de Los Lagos (Chile)”, *Ciencia, Docencia y Tecnología*, Año XXIII, N° 44, pp. 9-45, mayo de **2012**.
- Dutrenit, G. “Diferencias en el perfil de Acumulación de Capacidades Tecnológicas en Tres empresas mexicanas”, *El Trimestre Económico, Revista de la CEPAL*. Vol. 70, No. 277(1), pp. 109-165, Enero-Marzo de **2003**.
- Dutrenit G. “Política de ciencia, tecnología e innovación, incentivos y comportamiento de los agentes y lecciones del caso mexicano”, *Economía: Teoría y práctica*, núm. 24, pp. 93-118, **2006**.
- Dutrenit, G. “Sistema Nacional de Innovación”, *Comercio Exterior*, pp. 666-668, agosto de **1994**.
- El Bioclúster de occidente, <http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/01/06/jalisco-crea-cluster-biomedico-occidente> [consultado el 2 de octubre de 2014]
- El Economista, Producción de plasma en México será de Calidad : COFEPRIS, <http://eleconomista.com.mx/columnas/columna-especial-empresas/2013/07/30/cofepris-garantiza-que-plasma-mexicano-sera-calidad> [consultado el 27 de octubre de 2014]
- Ezquivel, E. “La industria farmacéutica en México: un jugoso negocio con la salud”. <http://www.sdpnoticias.com/columnas/2013/05/27/la-industria-farmaceutica-en-mexico-un-jugoso-negocio-con-la-salud>, [consultado el 5 de septiembre 2013].

- Etzkowitz, H. “The Triple Helix of University-Industry-Government Implications for Policy and Evaluation”, *Science Policy Institute, SISTER*, Estocolmo, **2002**.
- Fisher, B. “Sistema de innovación biotecnológica en Canadá: análisis geográfico de la concentración” *32RACE, Unoesc*, v. 10, n. 1, pp. 31-54, **2011**.
- Guadarrama R. “Institucionalización de la biotecnología en México. Estrategia y perspectiva de desarrollo”, en M.A. Campos, *Política científica e innovación tecnológica en México: retos para la Universidad*, IIMAS, UNAM, México, **1992**.
- Guadarrama, V. *Vinculación y acumulación de capacidades tecnológicas en una empresa farmacéutica. El caso Probiomed*, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, Enero **2005**.
- Guzmán, A. “Capacidades de la innovación de las farmacéuticas de América Latina”, *Economía: teoría y práctica. Nueva época*, Número Especial 1, **2009**.
- Gutman, G y Laravello, P. “Biotecnología y Desarrollo. Avances de la Agrobiotecnología en Argentina y Brasil”, *Economía; Teoría y Práctica, Nueva Época*, Numero 27, Julio- Diciembre **2007**.
- Gutman, G y Laravello, P. “La biotecnología y las industrias de ingredientes alimentarios en Argentina”, *Journal of Technology Management & Innovation*, Volumen 1. Tema 3 pp. 121-130, **2006**.
- Gutman, G y Laravello, P. “Nuevos paradigmas tecnológicos y políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: los casos de la moderna biotecnología y la nanotecnología”, *Pensamiento Iberoamericano*, vol. 2, pp. 173-200, **2009**.
- Luter, R. “Sistemas Regionales de Innovación: Antecedentes, Origen y Perspectivas”, *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, vol. 10, núm. 33,. Universidad Autónoma del Estado de México, septiembre-diciembre, **2003**.
- Martin, A. y Valdés, A. “La innovación y el desarrollo tecnológico como una política de Estado y los estímulos fiscales para promoverla”, *Revista Contaduría y Administración*, número 208, UNAM, pp.5-34, enero- marzo **2003**.
- Padilla R, Editor. *Sistemas de innovación en Centroamérica, Fortalecimiento a través de la integración regional*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile; Febrero de **2013**.
- Página oficial del grupo Bioclón, <http://www.bioclon.com.mx/bioclon/html>, [consultada en 29 de septiembre 2014].

- Página oficial de la fundación FEMSA, <http://www.fundacionfemsa.org/> , [consultado el 10 de octubre de 2014].
- Página oficial del Centro de Biotecnología -FEMSA del ITESM <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/itesm/tecnologico+de+monterrey/investigación / centros /por+campus/ monterrey/centro+de+biotecnologia+ femsa+cb-femsa. inv+itesmv2> [consultado el 20 de octubre de 2014].
- Página oficial ITESM investigación científica, <http://www.itesm.mx/wps/wcm/connect/ITESM/Tecnologico+de+Monterrey/Investigacion/Investigadores/SNIs+por+area+estrategica/>, [consultado el 20 de octubre de 2014].
- Pedroza, A. & Abundis, C. “Bioclústers, enlaces de la colaboración tecnológica en la globalización” en Estrada, Salvador. Martín, María y Molina, Rubén. *Diversidad Cultural y Colaboración Socio tecnológica*, Segundo Foro Nacional sobre multiculturalidad. **2010**.
- Pérez, C. “Nueva concepción de la Tecnología y Sistema Nacional de Innovación”, *Cuadernos de CENDES*, Caracas, Año 13 N° 31, Segunda Época, pp.9-33, Enero-Abril, **1996**.
- Reglamento de la Ley General de Salud en materia de publicidad, título décimo artículo 70. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MP.pdf, [consultado el 20 de marzo 2015]
- Sabato, J y Botana, N. “La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina”, *Revista Integración*, N° 3, Buenos Aires, Argentina, Noviembre **1968**.
- Soberón, X. “Biotecnología: Vinculación entre la Investigación Científica Mexicana y el Sector Productivo”, *El mercado de valores*, pp. 50-59, Febrero **1999**.
- Trejo-Estrada, S. *La Biotecnología en México: Situación de la Biotecnología en el mundo y situación de la Biotecnología en el México y su factibilidad de desarrollo*, Centro de investigación de biotecnología aplicada del IPN, Agosto **2010**.

Capítulo 5 Conclusiones y propuestas

5 Conclusiones y propuestas

Este apartado final está integrado por tres secciones: la primera está dedicada a confrontar la hipótesis con los resultados obtenidos durante la investigación y sustentar las conclusiones ofrecidas; la segunda se enfoca en analizar la respuesta que arroja la investigación de la interrogante central; y en la tercera sección se plantean las propuestas que pueden contribuir a la construcción de *capacidades I+D & i* de los actores (Centros de Investigación principalmente) que participan en el desarrollo de medicamentos biológicos, a través del desarrollo de relaciones benéficas para cada una de las partes, lo que significaría el aumento de las innovaciones en dicha área científico-tecnológica.

5.1 Conclusiones

Para determinar las capacidades sistémicas de los Centros de Investigación (CI) analizados se utilizaron dos herramientas de investigación que son: el marco teórico que fue el punto de partida para construir la hipótesis de trabajo que dirigió la investigación (la cual está compuesta por dos propiedades independientes y una dependiente) y la segunda herramienta (empírica) constituida por las entrevistas realizadas, que sirvieron para esclarecer los aspectos de las relaciones que se dan entre los actores involucrados en el desarrollo de los biomedicamentos. A continuación se presentan las propiedades independientes de la hipótesis planteada así como la información hallada durante la investigación que las sustenta.

Primera propiedad; La generación de innovaciones en el área de los biomedicamentos es incipiente debido a que no existe concentración de los recursos, políticas públicas o programas específicos para el desarrollo de biomedicamentos.

La información obtenida nos indica que existen diversos actores que participan de manera directa o indirecta en el desarrollo y producción de los medicamentos obtenidos a través de la *nueva biotecnología*; entre ellos están las empresas farmacéuticas nacionales que adaptan tecnologías ya existentes de patente vencida (medicamentos biocomparables) y/o que desarrollan nuevas tecnologías o productos (biomedicamentos innovadores). Dichas empresas complementan y enriquecen sus capacidades de I&D+i desarrollando estrategias que contemplan la vinculación con los Centros de Investigación (CI) (página 94)

especializados en el área (IBt, CINVESTAV, CB-FEMSA). Estos dos actores en conjunto con las dependencias gubernamentales constituyen la base principal del SIBm.

Los CI analizados contribuyen de forma muy importante a la generación de conocimiento científico y tecnológico en el área de la biotecnología. El IBt y el CB-FEMSA son CI especializados en el área y el CINVESTAV tiene un nutrido grupo de investigadores dedicados a la biotecnología. En los tres casos independientemente del tamaño del centro y del número de investigadores que los conforman cuentan con una amplia producción científica la cual se ve reflejada en los artículos de investigación, participación en congresos y edición de libros principalmente. Estos centros contribuyen de forma menor con desarrollos tecnológicos, los cuales podemos ver en las solicitudes y los registros de patentes otorgados. Sin embargo los hallazgos en las líneas de investigación de los CI indican un escaso interés por los biomedicamentos.

El Poder ejecutivo, con la cooperación del Consejo General de Ciencia y Tecnología, comunidad académica, y el sector privado, ha definido las áreas estratégicas de desarrollo para el país (entre esas áreas se encuentran la biotecnología y la salud y el bienestar social). CONACyT a través de los diversos programas que dirige y tomando como guía las áreas y los documentos de planeación (PND, PECITI, entre otros) favorece las áreas prioritarias.

Existen dos grupos de fondos y apoyos que tiene como finalidad directa el promover y consolidar las capacidades I&D+i en el país, incentivando la vinculación de las empresas y las universidades, estos son: apoyos a proyectos de innovación empresarial y los apoyos a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación. Dentro de estos se encuentran diversos fondos (fideicomisos) generados en conjunto con dependencias y entidades.

Uno de los fondos sectoriales (fideicomiso) establecido por CONACyT es el que mantiene con la SSA y que es destinado a las actividades científicas y tecnológicas que inciden en la salud y el bienestar social de la población. Este programa cuenta con 13 temas o demandas del sector prioritarias de las cuales se pueden desprender varios subtemas y cada uno de ellos puede ser abordado desde diversos enfoques, *lo cual genera una disipación de los recursos. Además los proyectos de biomedicamentos compiten con muchos otros y esto puede dar como resultado una inversión discontinua en el área.*

Los grupos de investigadores que desarrollan proyectos relacionados con los biomedicamentos también tienen acceso a otros financiamientos, como son los fondos y apoyos institucionales y apoyos complementarios. De estos podemos destacar el Fondo para el Fomento y Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología (Fondo CIBIOGEM), sin embargo los proyectos financiados por el fondo están dirigidos hacia temas de agroalimentarios.

El resto de los programas (Fondos mixtos, apoyos institucionales y complementarios, son de tipo genérico, a los cuales se accede por medio de las convocatorias que el CONACyT publica, en casos como los fondos mixto (fideicomisos establecidos entre CONACyT y las entidades federativas) se establece una demanda u objetivo a cubrir, la cual dirigirá el objetivo del proyecto, en otros casos como los fondos complementarios no son programas dirigidos a todas las áreas por lo que los grupos de investigación dedicados al área de los biomedicamentos tiene que competir nuevamente con un grupo muy amplio para acceder al financiamiento.

Finalmente existe el programa de estímulos a la innovación, el cual está dirigido a empresas tecnológicas que deseen invertir en I&D+i. Este programa es genérico y se priorizan los apoyos de acuerdo con las áreas prioritarias y las características de las empresas y proyectos. Estos programas se han modificado a través de los sexenios, sin embargo el objetivo prevalece, el cual es incrementar la aportación del sector productivo al GIDE en términos del PIB.

Como se ha mencionado en capítulos previos, las empresas nacionales dedicadas a la producción de biomedicamentos en el país son escasas, sin embargo los casos de éxito mencionados durante la investigación (Silanes, Probiomed) han sido resultado de alianzas con los CI y con el sector gubernamental a través de los programas de CONACyT de apoyo a las actividades I&D+i, por lo que se deberían crear programas específicos para los proyectos de ésta área, ya que el desarrollo de un biomedicamento se realiza en periodos de tiempo largos lo cual lo convierte en un área tecnológica singular, adicionalmente el gobierno federal podría dirigir estos proyectos hacia las necesidades de salud de la población.

De lo anterior podemos concluir que los proyectos de biomedicamentos deben competir con otros provenientes de las distintas áreas prioritarias para acceder a las diversas fuentes de financiamiento para las actividades de I&D+i lo que dificulta la concentración de recursos y maduración del sistema.

Segunda propiedad: Las estructuras de interface de los Centros de investigación con el sector productivo carecen de modelos estratégicos para el desarrollo de proyectos de innovación tecnológica, que es un indicativo de la ausencia de actuación sistémica.

Poner en el centros del análisis a los CI, las relaciones y los procesos que se llevan a cabo con otros actores del sistema de innovación, obedece a la necesidad de determinar si existe un comportamiento sistémico entre los actores. Se dio énfasis a la dirección y coordinación de sistema ya que estas dos propiedades intrínsecamente proporcionan información sobre los objetivos y elementos de apoyo que pueda tener el sistema. Para este punto fue fundamental la realización de entrevistas con los representantes de los sectores involucrados en la generación de innovaciones, esto debido a que a través de la información bibliográfica no se pudo determinar cómo se lleva a cabo el proceso de vinculación, el cual en el caso del sistema de innovación de biomedicamentos por sus características, es esencial para la generación de innovaciones el dicho sector.

El IBt y el CINVESTAV son de las instituciones que cuentan con mayores recursos científicos en el área de biotecnología y en ambos casos han participado en proyectos para el desarrollo de biomedicamentos innovadores o de adaptación de tecnología, el CINVESTAV cuenta con 125 patentes solicitadas desde 1992, cada año el número se incrementa, el IBt por su parte sustenta una cuarta parte de las patentes de las que la UNAM tiene registradas. Sin embargo menos del 20% de estas son explotadas en ambos casos. Dicha situación está altamente relacionada con las actividades que se llevan a cabo en las estructuras de vinculación y transferencia tecnológica de los centros.

Los tres institutos cuentan con estructuras de interface que tienen como tarea la gestión tecnológica derivada de las actividades científicas al interior de la institución, dichas estructuras adoptan diferentes nombres pero en esencia tienen los mismos objetivos y

organización. Sin embargo el enfoque con el que se llevan a cabo las tareas son diferentes, en el caso del IBt y del CINVESTAV, las tareas de propiedad intelectual se limitan a la redacción de patentes, convenios de colaboración y los contratos derivados de la contratación de servicios y en la promoción y entrenamiento en materia de propiedad industrial, dejando de lado la incubación de empresas asociadas a los trabajos de investigación desarrollados al interior. Aunado a la escasa cultura emprendedora por parte de los investigadores y la normatividad poco clara respecto a los conflictos de interés de los investigadores. Estas circunstancias representan una desventaja para estas dos instituciones ya que como se ha visto las empresas *spin offs* contribuyen a la difusión de la innovación, al construir una estructura de red alrededor las universidades.

El CB-FEMSA por su parte cuenta con un enfoque distinto, la OTT que le da atención, cuenta con un programa que tiene como finalidad en generar *spin offs* a partir de los proyectos de investigación de los estudiantes de doctorado, para ello se ha generado un modelo claro para el desarrollo de innovaciones.

Cada día se incrementa el número de empresas que tiene acercamiento con los CI, buscando resolver problemáticas relacionadas con sus procesos o productos o complementar las capacidades de desarrollo científico y acelerar el desarrollo de los proyectos I&D+i.

Empresas dedicadas a la producción de Biofármacos como Probiomed y Silanes se han vinculado de manera exitosa con las universidades y CI, y han generado proyectos científicos y tecnológicos. Sin embargo, encuentran obstáculos para dicha vinculación y complementación de capacidades en la normatividad que dirige a las estructuras de vinculación.

La naturaleza de la vinculación con los CI depende de las características y condiciones internas de cada centro. En el CINVESTAV las asesorías técnicas y los proyectos para solucionar problemáticas en las empresas es lo común, mientras que en el IBt y el CB-FEMSA lo que se prioriza son los proyectos de colaboración.

Podemos distinguir las capacidades sistémicas¹ de los CI debido a que estas cooperan al incremento de la sinergia en el sistema, es decir, si bien es cierto que cada una de las capacidades de los CI son importantes para el desarrollo del mismo, existen algunas que contribuyen de forma notable al general influencia entre el resto de los actores y propiciar ambientes favorables para la innovación.

La capacidad de generar redes de cooperación con la industria es la capacidad más importante para el sistema, ya que es de esta forma en la que un sistema puede crecer, existen un amplio número de modalidades de vinculación, que se encuentran categorizadas de acuerdo a su complejidad y para la maduración del sistema son necesarias las modalidades con complejidad media y alta, los tipos de interacciones que se generan son los relativas a proyectos en conjunto, licenciamiento y empresas de base tecnológica, entre los canales utilizados para la generación de dichas interacciones se encuentran, intercambio de investigadores, redes formales de trabajo, parques de ciencia y tecnología patentes, oficinas de transferencia, *spin offs*, incubadoras y actores híbridos. En los institutos de investigación estudiados son utilizados algunos de estos canales de interacción, entre los que destacan lo relativo a la transferencia tecnológica, dejando rezagado los de más alta complejidad, que son necesarios para la gestación del sistema.

La vinculación es parte fundamental de las capacidades sistémicas de los CI y las estructuras de interface son las principales herramientas para completar el procesos de I&D+i y un modelo estructurado para la transferencia y la gestión tecnológica por parte de estas estructuras, la capacitación y profesionalización del capital humanos en temas de gestión tecnológica además de dotarlas con los recursos económicos y las herramientas para generar redes de colaboración con las instituciones financieras, CONACyT y el resto de los actores que participan en el proceso de innovación.

La investigación científica que se convierte en innovación tiene una vía poco sistematizada en donde son las empresas o los investigadores son los que realizan los acercamientos iniciales por lo que promover una estructura de interface solida es esencial

¹ Se define como capacidad sistémica a la habilidad de los actores de trabajar con otros actores por un objetivo en común.

para desarrollar la capacidad de vinculación de los CI. En este sentido EL CB- FEMSA es el único que cuenta con una capacidad de vinculación sólida.

Adicionalmente, aun cuando estaba fuera del objetivo de la investigación se analizaron las redes de conocimiento. El programa denominado redes temáticas que instrumenta CONACyT, actualmente tiene como objetivo el generar una vinculación entre diversos investigadores que sean capaces de cooperar y de alimentar una base científica bien identificada que pueda servir al sector productivo o gubernamental de forma integral.

Finalmente, en el capítulo cuatro se generó una matriz de *los elementos que generan la estructura del Sistema de Innovación en Biomedicamentos* y se observó que muchos de los elementos mencionados son genéricos, es decir no tienen una especialización en el área y muchas veces esto significa la diversificación de los objetivos y una disminución de las capacidades sistémicas.

Por lo anterior podemos concluir que los actores no cuentan con una actuación sistémica, y que el elemento central de la investigación(los CI analizados), es visible en la falta de modelos de transferencia y gestión tecnológica, la poca relevancia de las estructuras de interface, el bajo nivel de licenciamiento de los registros de patentes además de la forma en la que se dan los acercamientos con las empresas. Estos factores limitan; el desarrollo de innovaciones el área de biomedicamentos, pero no se descartan otros.

5.2 Conclusión de la pregunta central

La pregunta planteada en la presentación de la investigación y que dio origen a la investigación es la siguiente:

¿Cuál es el rol de los institutos de investigación y cuáles son las capacidades con las que contribuyen a la construcción del sistema de innovación de Biomedicamentos?

En el capítulo 2(página 79) se ofreció el resumen de las capacidades de los tres CI analizados. Las capacidades comparadas fueron las siguientes: infraestructura, equipamiento, procedencia de recursos, investigadores en el SNI, organización y grupos de investigación, patentes otorgadas y solicitadas, número de artículos publicados y capítulos de libros, convenios de transferencia tecnológica, convenios de colaboración de desarrollo

tecnológico, estructura de interface(vinculación con el sector productivo), modelo de transferencia y cultura organizacional. Estas características podemos resumirlas en tres grandes grupos. Las que engloban a la capacidad científica, capacidad tecnológica y capacidad de innovación² y cada grupo es importante para el desarrollo de innovaciones y cada centro cuenta con notables diferencias.

El Instituto de Biotecnología de la UNAM y el CINVESTAV contribuyen al sistema principalmente con las capacidades relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico, en ambos centros se realiza ciencia básica y aplicada y cada uno tiene características específicas en cuanto a la cultura y forma de organización.

El CB-FEMSA tiene capacidades científicas y tecnológicas menores, lo cual es observable desde la infraestructura y planta académica, pero la característica de sus fuentes de financiamiento lo obligan a ser más dinámico y a aprovechar de forma substancial todos sus activos por medio de la vinculación con el sector productivo y con organizaciones internacionales. Este centro tiene como enfoque principal el desarrollo de nutraceuticos, pero también cuentan con casos de éxito en el desarrollo de biomedicamentos. El centro por lo tanto contribuye con sus capacidades de vinculación y su capacidad de generar redes de colaboración internacionales.

El contexto comercial es otro elemento a considerar, las empresas internacionales mantienen un dominio en las actividades de I&D+i de los biomedicamentos, lo que disuade la conformación de empresas dedicadas a la producción de estos fármacos. Sin embargo existen sectores que pueden ser explotados y que para estas empresas no resultan atractivos.

Conclusión final. La finalidad de focalizar recursos e incentivar la actuación sistémica entre los diversos actores que conforman el sistema de innovación, no es competir contra las farmacéuticas internacionales, es focalizar los esfuerzos en el desarrollo de biomedicamentos que puedan tratar los padecimientos endémicos de la población mexicana y mejorar las condiciones de negociación con las empresas internacionales.

² La capacidad de innovación incluye las capacidades de vinculación, ya que es necesario el insertar en el sector productivo el desarrollo tecnológico para poder convertirlo en innovación.

Además se advierte una opción viable de inversión en los medicamentos huérfanos, como el caso de la empresa Silanes y el desarrollo de los medicamentos faboterápicos.

5.3 Propuestas

A partir de las conclusiones realizadas se han estructurado las siguientes propuestas, con el fin de subsanar las dificultades sistémicas que presentan los actores que participan en los procesos de innovación de biomedicamentos.

Propuesta 1: Implementación de proyectos de alto impacto generados desde la esfera gubernamental que promuevan el despliegue de las capacidades sistémicas.

La investigación prueba que existen los actores básicos necesarios para generar procesos de innovación. Como se analizó previamente existe un nutrido grupo de agentes que contribuyen al desarrollo de fármacos de origen biotecnológico (ver página 125 y 139), como son la Secretaría de Salud, COFEPRIS, CONACyT, universidades nacionales, universidades estatales, CI, firmas nacionales biofarmacéuticas, Instituciones financieras, empresas proveedoras, etc. No obstante *no se observa una actuación sistémica, por lo que un proyecto de gran presupuesto que promueva la creación de redes de cooperación entre los actores para completar sus capacidades de I&D+i además de la creación de nuevas empresas que se sumen al sistema.*

Es importante aclarar que estos proyectos deberán tener ciertas características, ya que como se ha comentado previamente no se puede soslayar el contexto nacional, en donde las empresas transnacionales dominan el mercado y cuentan con capacidades de I&D+i colosales que obstaculizan la generación de empresas nacionales. El desarrollo de medicamentos huérfanos o biomedicamentos claves para el tratamiento de padecimientos críticos y endémicos de la población mexicana serían los objetivos adecuados para los proyectos.

Propuesta 2 *Transformar las estructuras de vinculación en estructuras de gestión tecnológica, capaces de generar redes de cooperación con incubadoras de empresas, oficinas de transferencia tecnológica, instituciones financieras y otros, para poder detectar oportunidades de negocio a partir de las investigaciones realizadas.*

Como se dio cuenta previamente, las estructuras de vinculación se limitan a las labores de redacción de patentes, convenios de colaboración y contratación de servicios principalmente. Para generar innovación en el área es importante completar la cadena de I&D+i, por lo que es necesario que estas áreas estén dotadas de capacidades de vinculación mayores, capaces de realizar tareas de gestión tecnológica y evaluación de proyectos, o contar con las redes necesarias para subsanar las carencias.

Todo lo anterior con el objetivo de aumentar las posibilidades de los procesos y productos de llegar a fases de desarrollo avanzadas y tener mayores posibilidades de generar innovaciones.

Propuesta 3 Generar programas gubernamentales específicos, para el financiamiento de proyectos en el área, incluyendo incentivos fiscales para las empresas.

Los proyectos que tienen como fin el desarrollo de biomedicamentos se caracterizan principalmente por el prolongado lapso de tiempo necesario para llevarlo a término y el alto riesgo de la inversión. Esta singularidad pone en desventaja a las empresas que deciden acceder a los diversos fondos y apoyos de financiamiento por lo que un programa específico para el área nivelaría la situación.

El establecimiento de incentivos fiscales es una práctica usada por distintos países incluyendo México, y dirigir por medio de ella el crecimiento de cierta área científica – tecnológica sería adecuado.

Propuesta 4 Modificar los estatutos del SNI para incluir proyectos de vinculación y de adaptación de tecnología como elementos de evaluación.

Los lineamientos del Sistema Nacional de investigadores, establecen los elementos que se consideran en la evaluación correspondiente para que un investigador sea promovido o mantenga su nombramiento y entre estos se encuentran los artículos de investigación, participación en congresos, libros y patentes. La adaptación de tecnología y el asesoramiento a la industria no son tomados en cuenta en la evaluación, a pesar de que contribuyen de forma muy significativa con el progreso tecnológico, por lo que deben ser incluidos en los lineamientos del SNI. Esto sería un incentivo importante para los investigadores y aumentaría la relación entre estos dos sectores.

Anexos

Anexo Diseño de la entrevista

Diseño de la entrevista como fuente de información complementaria

Las entrevistas son de tipo semiestructurada y se realizaron preguntas sobre el tema de interés y el entrevistado respondió a dichos cuestionamientos de forma libre. Los diálogos resultantes fueron grabados para su posterior transcripción, cuando el interlocutor lo permitió y tomando en cuenta las leyes de protección de datos y confidencialidad aplicables.

Las entrevistas fueron dirigidas a diferentes individuos, representantes de las tres esferas en las que se ha dividido los elementos que integran el Sistema de Innovación de Biomedicamentos.

El objetivo principal de las entrevistas es complementar la información de la investigación documental y esclarecer los puntos opalescentes de la dinámica relacional entre los elementos del Sistema. Las preguntas que se buscan responder con las entrevistas son las siguientes: ¿Cómo se generan los proyectos de vinculación? ¿Qué Centro de investigación, Empresas, CONACyT, etc.? ¿Qué ventaja favorecen a cada uno de los centros analizados (IBt, CINVESTAV y CB-FEMSA)? ¿Cuáles es la estrategia seguida por cada uno de los centros para la generación de proyectos de vinculación?

Los resultados obtenidos no fueron tratados estadísticamente, debido a que la entrevista tuvo fines orientativos.

El perfil de los entrevistados

Los entrevistados son funcionarios de organizaciones públicas y privadas que se encuentran dentro de los elementos que participan en la generación, difusión y aplicación del conocimiento científico y desarrollo tecnológico de los biomedicamentos a nivel nacional. La selección de los entrevistados obedece a su posición dentro de las estructuras de interface entre sectores; académico, productivo y gubernamental, así como su experiencia en proyectos vinculantes entre los mismos.

Entrevistados

Entrevistado 1 M. A. Mario Trejo Loyo, Técnico académico y secretario técnico de la Secretaria de vinculación del Instituto de Biotecnología de la UNAM.

Entrevistado 2 M. en C. Luis Antonio Carreño Sánchez, Subdirector de Vinculación Tecnología del CINVESTAV del IPN.

Entrevistado 3 Dr. Sergio Estrada Parra. Investigador Nacional nivel III, Investigador y catedrático de la Escuela de Ciencias Biológicas del IPN.

Línea de Investigación: Inmunomodulación e inmunoterapia con factor de transferencia. Proyectos financiados por SIP-IPN, CONACYT y recursos autogenerados.

Entrevistado 4: Dra. Gabriela Gozáles, Coordinadora del CB-FEMSA.

Entrevistado 5: Luis G. Hernández Sandoval, Director de Redes Temáticas de Investigación del Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Entrevistado 6: Dra. Lena Ruiz Azuara. Investigadora Nacional Nivel III, Catedrática e investigadora de la Facultad de Química de la UNAM, Miembro de la Red Temática de Desarrollo de fármacos y métodos de diagnóstico.

Las líneas de investigación en las que la Dra. Lena Ruiz se desempeña están relacionadas al estudio de la Química de Coordinación, Química Bioinorgánica y Química Médica, las principales líneas son:

- Estudio de la reactividad de compuestos heterolépticos de rutenio (II) con ligantes polidentados.
- Estudio de la reactividad de compuestos de metales de la segunda y tercera serie de transición con ligantes polidentados tetra y hexacoordinados.
- Desarrollo de nuevos fármacos antineoplásicos de cobre (II), Casiopeínas.

Cuestionario de la entrevista

La entrevista se diseñó con una estructura flexible, se elaboró una guía para el interlocutor, y se define como guía por que se contempla la posibilidad de introducir preguntas adicionales dependiendo de las respuestas del entrevistado.

Tema a tratar: La importancia de los biomedicamentos en el contexto nacional (Introducción).

Preguntas:

1. Existen casos exitosos de desarrollos en el área de biomedicamentos en México, ¿Considera usted que este es un indicativo de que la industria nacional de los biomedicamentos tiene posibilidad de crecimiento?
2. Existen el capital humano y las bases científicas necesarias para la generación de desarrollos en el área de biomedicamentos?

Tema a tratar: Los programas y financiamientos gubernamentales para la vinculación.

Preguntas:

3. Existen proyectos de vinculación entre los institutos y las empresas que producen biomedicamentos, pero estos son todavía escasos, ¿A qué se debe esto? ¿Cómo se inician los proyectos?
4. ¿Cuáles son los obstáculos más evidentes?
5. ¿Cuáles programas gubernamentales más utilizados en los proyectos vinculantes? Y ¿Por qué?
6. ¿Está familiarizado con la existencia de la Rede Temática de Investigación de biológicos, biotecnológicos y terapia celular?
7. ¿Cómo han contribuido las redes temáticas al desarrollo de proyectos de interés para las empresas?
8. ¿Cómo ha contribuido el programa de estímulos a la innovación al desarrollo de proyectos vinculantes? ¿Considera que requieren alguna modificación?
9. ¿Qué tan accesible es para las empresas y Centros de Investigación resultan los apoyos provenientes de CONACyT?
10. ¿Cómo se genera el contacto con los institutos de investigación y las empresas para generar proyectos vinculantes?

Tema a tratar: La interface universidad-Industria

Preguntas:

11. ¿Cómo considera la actuación de las estructuras de interface entre la academia y el sector productivo?

12. ¿Cuáles son los principales obstáculos para la transferencia de tecnología hacia el sector productivo?
13. ¿Existe un modelo para la transferencia tecnológica?

Tema a tratar: Los incentivos y obstáculos para la generación de proyectos.

Preguntas:

14. ¿Cuál es el principal incentivo por parte de las empresas y los Institutos de Investigación para iniciar un proyecto vinculante?
15. ¿Considera usted que existe un interés particular por parte de CONACyT para el desarrollo de la industria biotecnológica?
16. ¿Cuáles incentivos incorporaría para incrementar la investigación y desarrollo en las Empresas y la vinculación con los Centros?

Uso de la información: La información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

Anexo Resultados de las entrevistas

Por cuestiones de confidencialidad no se reproducirán textualmente los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas, por lo que a continuación se presenta una síntesis de estos.

Tema: La importancia de los biomedicamentos en el contexto nacional (Introducción). Preguntas 1 y 2.

Todos los entrevistados coincidieron al afirmar que el área de los biomedicamentos tiene oportunidad de crecimiento en México, basándose en las experiencias personales de desarrollo de proyectos exitosos. El capital humano necesario para el desarrollo de proyectos que puedan generar innovaciones debe ser especializado con posgrados preferentemente. Los investigadores entrevistados participan en la formación de alumnos de maestría, doctorado y posdoctorado, por lo que están convencidos de que existe los profesionales calificados para realizar dichos desarrollos. La coordinadora del CB-FEMSA, Dra. Gabriela Gonzáles comenta que en el centro se establecen lineamientos rigurosos para la titulación de posgrado como es la participación en congresos, publicación de artículos y estancias en otras universidades con el fin de generar egresados de alto nivel y con reconocimiento por la comunidad científica.

Tema a tratar: Los programas y financiamientos gubernamentales para la vinculación. Preguntas 3 a la 10.

Los programas y el financiamiento son importantes para la investigación y desarrollo de los biomedicamentos (programa de estímulos para la innovación, AVANCE, etc.) y en los últimos 20 años se ha incrementado, sin embargo se requiere de un mayor gasto en estos rubros por parte del gobierno. El IBt y el CINVESTAV, el IPN y la Facultad de Química obtienen el 80% de los recursos para las labores de ciencia y tecnología del Estado.

El Maestro Luis Antonio Carreño opina que los programas han contribuido para que las empresas se acerquen al CINVESTAV. *Cuando hay convocatorias para los programas se incrementa el número de solicitudes de reuniones.*

El CB-FEMSA se encuentra en una situación opuesta, el 80% de sus recursos provienen de las empresas, el CB-FEMSA desarrolla sus proyectos tomando en cuenta las necesidades de la población y el mercado.

Luis G. Hernández Sandoval comenta que *las redes temáticas no tiene como finalidad el generar desarrollo tecnológicos per se, la finalidad es tener un directorio de los investigadores que trabajan en un tema específico. Teniendo esa información es más fácil para las empresas o instituciones acercarse y vincularse.*

Tema a tratar: La interface universidad-Industria. Preguntas 11 a13.

Cada uno de los centros analizados cuenta con una estructura de interface, pero las actividades que se llevan a cabo en cada uno de ellos tienen variaciones.

En la Subdirección de Vinculación Tecnológica se realizan actividades de propiedad industrial (redacción de patentes) y generación de contratos para la prestación de servicios CINVESTAV. La promoción de los servicios se realiza por medio de la página web de la institución. El M. en C. Luis Antonio Carreño considera que *la Subdirección que el comanda debe de crecer para poder obtener mejores resultados.*

La Dra. Lena Ruíz opina que *las personas de Vinculación de la UNAM hacen un buen trabajo pero se requiere de más personal porque un solo vinculador atiende más de 10 proyectos.*

Tema a tratar: Los incentivos y obstáculos para la generación de proyectos. Preguntas 14 a la 16.

Los incentivos para la generación de proyectos vinculantes de desarrollo tecnológico dependen de la organización que los genere. Las empresas tienen dos tipos de incentivos principalmente. El primero es el resolver las problemáticas urgentes que afectan directamente a sus empresas. El M. en C. Luis Antonio Carreño señala que *el 90% de los proyectos que son financiados por empresas son de este tipo. Los empresarios vienen a que les solucionemos los problemas y generalmente son emergencias que les afectan profundamente. Un ejemplo es la vacuna que desarrollamos para el virus conocido como*

el ojo azul que afecta al ganado porcino. Ese proyecto nos tomó mucho tiempo porque fue desde detectar el virus hasta generar una vacuna.

Existen otras empresas que se vinculan para complementar sus capacidades de investigación y desarrollo, de este tipo es Probiomed.

El proceso de vinculación y la transferencia de tecnología de los centros de investigación hacia la industria tiene diferentes obstáculos uno de los más importantes es la normatividad. El M. en C. Luis Carreño *comenta que es importante modificar la normatividad de los servidores públicos y el Reglamento interno para que los centros de Investigación como el CINVESTAV puedan generar proyectos en donde el resultado pueda ser compartido legalmente y también poder generar empresas a partir de investigaciones. Por otro lado el CINVESTAV ha modificado diversos procedimientos internos para agilizar la respuesta hacia las empresas cuando nos solicitan algún servicio, que es otro de los obstáculos que presentan otros centros, donde para realizar un contrato se deben pasar por varios filtros.*

Un obstáculo para la transferencia tecnológica hacia la industria es la falta de especialistas en escalamiento como lo comenta el Dr. Sergio Estrada Parra: Por mucho tiempo mantuvimos la producción del factor de transferencia en una escala pequeña (escala laboratorio). Fue hasta que llegó la Dra. Mayra especialista en escalamiento que pudimos aumentar la producción y esto ayudó a que las empresas farmacéuticas se interesaran por el tratamiento.

Anexo Imágenes de los Centros de Investigación y
clusters visitados

Las imágenes fueron tomadas durante las visitas realizadas a los centros, y se han decidido incluir en el trabajo, como elementos probatorios de las capacidades científicas y tecnológicas de los Centros analizados. Las visitas fueron realizadas durante los meses de Mayo y Junio del 2015.

Imágenes de los Centros de Investigación y *clusters* visitados



Imagen A1.1 Laboratorio de Farmacología del CINVESTAV-Unidad Zacatenco



Imagen A1.2 Laboratorio cromatografía de masas del Departamento de Biología Celular del CINVESTAV-Unidad Zacatenco



Imagen A1.3 Bioterio del Departamento de Biología Celular del CINVESTAV-Unidad Zacatenco



Imagen A1.4 Laboratorio Universitario de proteómica del IBT Cuernavaca.

Imagen A1.5 Unidad de Escalamiento y Planta piloto del IBt Cuernavaca.



Imagen A1.6 Laboratorio 4 del Departamento de Genética y Biología molecular del CINVESTAV-Unidad Zacatenco



Imagen A1.7 Centro de Biotecnología-FEMSA Ubicado en Monterrey N.L.



Imagen A1.8 Laboratorio 7 de Microbiología Molecular del IBt Cuernavaca.



Imagen A1.9 Laboratorio piso 5 del CB-FEMSA



Imagen A1.10 Unidad de Síntesis y de Secuenciación de Macromoléculas del IBt Cuernavaca.



Imagen A1.11 Laboratorio piso 5 del CB- FEMSA



Imagen A1.12 Área de cromatografía de laboratorio piso 5 del CB- FEMSA



Imagen A1.13 Laboratorio piso 5 del CB- FEMSA



Imagen A1.14 Centro de Innovación y Desarrollo Estratégico de Productos del ITESM, ubicado en el PIIT



Imagen A1.15 Parque de Investigación e Innovación Tecnológica (PIIT) ubicado en Apodaca N.L.



Imagen A1.16 SIGMA Alimentos ubicado en el PIIT



Imagen A1.17 Texas University ubicado en el PIIT



Imagen A1.18 Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente miembro del *Biocluster* de Occidente



Imagen A1.19 Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente miembro del *Biocluster* de Occidente

Anexo Relación de Casos de éxito del *Biocluster* de
Occidente

Relación Casos de Éxito *Biocluster* de Occidente

AGUA FARMA PLÁSTICOS, SA DE CV

GIRO: Elaboración de envases de plástico.

1. Nombre del proyecto: "diseño, desarrollo y validación de molde de inyección de plástico para la elaboración de una tapa rosca de 49 mm para envases de agua purificada de 20 litros, con anillo de inviolabilidad en polietileno de alta densidad".

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

2. Nombre del proyecto: "diseño, desarrollo y puesta en marcha de una nueva máquina de extrusión y soplo (bifuncional) para la fabricación de productos de plástico de alta densidad y productos de PVC cristal"

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

ALTA TECNOLOGÍA INDUSTRIAL PARA LA SALUD ANIMAL, SA DE CV ATISA

GIRO: Farmacéutico veterinario.

1. Nombre del proyecto: "pruebas finales de campo y laboratorio para demostrar la efectividad de un nuevo producto obtenido a partir de la robenidina en el tratamiento de coccidiosis en ganado porcino y rumiantes"

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del Programa AVANCE "Última milla" de CONACyT en 2005, y en El Programa De Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

CINVESTAV – IPN

GIRO: Centro de Investigación

1. Nombre del proyecto: "Cristal Líquido" Vinculación: En proceso de evaluación por empresas fabricantes de frascos para industrias farmacéutica y de alimentos.

2. Nombre del proyecto: “Desarrollo de una vacuna para la enfermedad de Newcastle en aves vía oral agregada al alimento” Vinculación: En proceso de evaluación por empresas fabricantes de productos farmacéuticos veterinarios.

CONABIO-GEM -Vinculación ITESO

1. Nombre del Proyecto: " Desarrollo de un producto, con base en biotecnología, para la compactación de terracerías y otro tipo de materiales."

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa AVANCE “Última Milla” de CONACYT en 2005.

LABORATORIOS DIBA, S.A. DE C.V.

GIRO: Farmacéutico Humano

1. Nombre del proyecto: “desarrollo de nuevos genéricos hormonales tópicos de alta calidad para el tratamiento de diversas 15sintomatologías, uno de ellos es un genérico diferenciado sin competencia en el mercado”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

2. Nombre del proyecto: “formulación, desarrollo y producción de un antibiótico oral genérico intercambiable (GI) de amplio espectro para múltiples padecimientos”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del Programa De Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

3. Nombre del proyecto: “formulación, validación y desarrollo de un genérico intercambiable (GI) para el tratamiento de diarreas agudas”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

4. Nombre del proyecto: “formulación, validación y desarrollo de un nuevo genérico inyectable a base de fitomenadiona (vitamina k) para la profilaxis de enfermedades ocasionadas por hemorragias severas en recién nacidos, niños y adultos”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

5. Nombre del proyecto: “formulación robusta y controlada de un nuevo Anticonceptivo genérico diferenciado a base de levonorgestrel y Etinilestradiol”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

6. Nombre del proyecto: “formulación y desarrollo de un anticonceptivo genérico diferenciado inyectable sin efectos adversos para la mujer por sus componentes activos”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa de Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

7. Nombre del proyecto: “Formulación, validación y desarrollo de productos genéricos diferenciados oftálmicos para diversos padecimiento de alta calidad y probada eficiencia terapéutica”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del Programa de Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

8. Nombre del proyecto: “Desarrollo, validación y producción de un genérico diferenciado antiinflamatorio y antipiretico lp no esteroideo con demostrada acción de liberación prolongada mayor al producto innovador”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa De Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

LAPISA, SA de CV

Giro: Farmacéutico veterinaria

1. Nombre del proyecto: “Desarrollo de nuevos productos diferenciados y genéricos de alto valor agregado para el sector agrícola”.

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro Del Programa De Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

2. Nombre del proyecto: “Desarrollo y producción y obtención de una vacuna (bacterina polivalente) conteniendo 10 cepas de clostridium para resolver los problemas de clostridiasis bovina y ovina en México”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro Del Programa De Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

3. Nombre del proyecto: “Desarrollo, obtención y producción de la primera vacuna nacional a base de 5 cepas biológicas para la prevención y control de neumonías severas, tromboembolica y salmonelosis asociadas a diferentes agentes que afectan al sector ganadero”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa De Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

4. Nombre del proyecto: “desarrollo nacional de productos farmacéuticos veterinarios diferenciados y genéricos, para el incremento de la productividad pecuaria y la sanidad animal nacional”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa de Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

5. Nombre del proyecto: “Mejora de formulación de productos farmacéuticos veterinarios para incrementar su eficacia”.

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa de Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

6. Nombre del proyecto: “Aislamiento, purificación y caracterización de cepas del virus PRRS (síndrome respiratorio y reproductivo del cerdo) en la región porcícola De La Piedad Michoacán y generación de una nueva vacuna experimental”

Apoyos obtenidos: el proyecto fue aprobado dentro del programa de estímulos fiscales para el ejercicio 2005.

7. Nombre del proyecto: “Elaboración y evaluación de vacuna bivalente nacional contra el virus del síndrome del ojo azul (SOA) del cerdo con las cepas SOA-CI Y SOA-CIII”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa de Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

LABORATORIOS VETERINARIOS LAVET, S.A. DE C.V. - Vinculación U de G

GIRO: Farmacéutico Veterinario

1. Nombre del Proyecto: “Última ronda de prototipos y pruebas finales para la producción de Péptidos Naturales Antimicrobianos de la piel de la Rana catesbeiana, para su aplicación como nuevos antibióticos en el tratamiento de enfermedades infecciosas bacterianas y micóticas”.

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa AVANCE “Última Milla” en 2005 y en el Programa de Estímulos Fiscales para el ejercicio 2005.

LORI COMPAÑIA INDUSTRIALIZADORA, S.A. DE C.V.

GIRO: Alimentos veterinarios

1. Nombre del proyecto: “desarrollo e instalación de un laboratorio especializado en la determinación de la adsorción in vitro de micotoxinas”

Apoyos obtenidos: El proyecto fue aprobado dentro del Programa Fondos Sectoriales del CONACYT en 2005.

OXIMEDIC, S DE RL DE CV

GIRO: Gases medicinales

1. Nombre del Proyecto: “Preparación de vinculaciones con empresas productoras de gases industriales para la instalación in situ de planta productora”.

ULTRA LABORATORIOS S.A. DE .CV.

GIRO: Farmacéutico Humano

Anexo convenios de transferencia de material
biológico, convenios de confidencialidad y líneas de
investigación del Instituto de Biotecnología de la
UNAM

Convenios de transferencia de materiales biológicos y confidencialidad del Instituto de Biotecnología de la UNAM, con el sector industrial y académico período 2011-2013

Convenios de Materiales biológicos transferidos al Instituto por convenio con:

1. The Scripps Research Institute. Estados Unidos. (2013)
2. Landsteiner Scientific, S.A. de C.V. México. (2013)
3. Universidad de Tampere. Finlandia. (2013)
4. ADDGENE. (23 convenios) Estados Unidos. (2012)
5. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Japón. (2012)
6. Universidad de California, Davis (2 convenios) Estados Unidos. (2012)
7. Universidad de Washington. Estados Unidos. (2012)
8. Universidad Nacional del Litoral. Argentina. (2012)
9. Riken Brain Science Institute. (Japón). (2012)
10. Universidad de Delaware. Estados Unidos. (2012)
11. Princeton University. Estados Unidos. (2011)
12. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (2 convenios) Japón (2011)
13. The University of California. Estados Unidos. (2011)
14. VIB vwz (2 convenios) Bélgica. (2011)
15. Syngenta Biotechnology Inc. Estados Unidos. (2011)
16. National Institute of Genetics. Japón. (2011)

Convenios para la Transferencia a otras instituciones de Materiales Biológicos desarrollados en el Instituto, firmados con:

1. Instituto de Investigaciones Biológicas “Clemente Estable”. (Uruguay). (2013)
2. Centro de Biotecnología Agrícola e Agroalimentar Do Alentejo. (Portugal). (2013)
3. The University of Illinois. (Estados Unidos). (2013)
4. Center for DNA Fingerprinting and Diagnostics. India. (2013)
5. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia, (2013)
6. Universidad Autónoma Metropolitana U. Iztapalapa. México. (2013)

7. Universidad Politécnica de Pachuca. México. (2013)
8. Runckel & Associates Inc. Estados Unidos. (2013)
9. Universidad Autónoma Metropolitana U. Cuajimalpa. México. (2013)
10. Universidad de California, San Diego. Estados Unidos. (2013)
11. Lehigh University. Estados Unidos. (2012)
12. Universidad de California Riverside. Estados Unidos. (2012)
13. Kansai Medical University. Japón. (2012)
14. Stellenbosch University. Sudáfrica. (2012)
15. Universidad de Jaén. España. (2011)

Convenios de Confidencialidad firmados con las siguientes empresas:

1. Landsteiner Scientific, S.A. de C.V. México. (2013)
2. Laboratorios Liomont, S.A. de C.V. México. (2013) – Carta de confidencialidad
3. Innbiogem, SC. México. (2012)
4. Laboratorios Columbia, S.A. de C.V. México. (2012)
5. Airmid Inc. Estados Unidos. (2012)
6. Avanza, S. de R.L. de C .V. México. (2011)

Líneas de Investigación de Instituto de Biotecnología de la UNAM

Departamento de biología molecular de las plantas

Título Genérico de la línea de Investigación: Mecanismos de desarrollo que permiten a las raíces de plantas ser tan plásticas, Gladys Iliana Cassab López líder Académico. Este grupo de investigación está constituido por 12 integrantes, 1 investigador asociado, 1 técnico académico, 1 estudiante de postdoctoral, 2 estudiantes de posgrado 4 estudiantes de licenciatura y 2 auxiliares administrativos. Las líneas de investigación que se abordan en este grupo de trabajo son biología molecular y biotecnología de plantas.

Título de la línea de Investigación: Bases moleculares y celulares de la respuesta al déficit hídrico en plantas superiores; Líder Académico: Alejandra Alicia Covarrubias Robles. Este grupo de investigación cuenta con un total de 18 integrantes de los cuales 2 son investigadores Asociados, Un técnico Académico, 1 estudiante de posdoctorado, ocho

estudiantes de maestría, cuatro estudiantes de licenciatura y tres personas del Área Administrativa. Las líneas de investigación que conducen esta investigación son biología molecular y biotecnología de plantas y estructura, función y manipulación de péptidos y proteínas.

Título de la línea de Investigación: Biología del desarrollo de plantas: los meristemos de la raíz, su iniciación, organización y funcionamiento; Líder Académico: Joseph Dubrovski Jankovsky. El grupo de investigación está integrado por 17 personas; investigador asociado, dos técnicos académicos, tres estudiantes posdoctorales, cuatro estudiantes de posgrado, tres estudiantes de licenciatura y tres personas administrativas. Las líneas de investigación son de biología molecular y biotecnología de plantas.

Título de la línea de Investigación: Elucidación de las señales celulares que regulan el desarrollo del cloroplasto y respuestas nutricionales en plantas superiores. Líder Académico Patricia León Mejía El objetivo de la investigación es entender los mecanismos moleculares involucrados en el desarrollo de los cloroplastos en plantas así como en las respuestas nutricionales relacionadas con carbono.

Título de la línea de Investigación: Mecanismos de transporte iónico y de agua a través de membranas; su papel en la adquisición de nutrientes y en la adaptación de las plantas a la salinidad. Líder Académico: Omar Homero Pantoja Ayala

Título de la línea de Investigación: Respuestas tempranas en la interacción Rhizobium-Leguminosa. Líder Académico: Ma. Del Carmen Quinto Hernández El objetivo de la investigación es estudiar cómo se establece la simbiosis Rhizobium-Leguminosa, las bacterias sintetizan y secretan a la rizósfera metabolitos de naturaleza lipoquitoligosacáridica (factores Nod, FN), los cuales actúan como señales simbióticas y juegan un papel esencial en la especificidad de la infección y en la formación del nódulo fijador de nitrógeno.

Título de la línea de Investigación: Análisis de la respuesta molecular a estrés en plantas. Líder Académico: Mario Rocha Sosa. Las plantas están normalmente sujetas a una variedad de situaciones adversas, por lo mismo, estos organismos han desarrollado mecanismos de defensa que les permiten contender con un medio ambiente hostil. Gran

parte de estos mecanismos involucran la inducción de genes específicos que codifican proteínas encargadas de la respuesta de defensa.

Título de la línea de Investigación: Líder Académico: Federico Esteban Sánchez Rodríguez La genómica funcional de las vías de transducción de señales durante el desarrollo y la muerte celular programada de los nódulos simbióticos de *Phaseolus vulgaris*. El interés del grupo es el estudio de los mecanismos de señalización durante la organogénesis de los nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces de leguminosas. La nodulación es un modelo fascinante de diferenciación celular y del desarrollo en plantas y de la interacción de las leguminosas con microorganismos simbiotes.

Departamento de genética del desarrollo y fisiología molecular

Título de la línea de Investigación: Biología Molecular de virus y genómica funcional de la interacción virus célula huésped. Líder Académico: Carlos Federico Arias Ortiz. Las gastroenteritis infecciosas agudas son una causa importante de morbilidad y mortalidad en niños menores de cinco años en los países en desarrollo, con alrededor de mil millones de episodios diarreicos y entre tres y cuatro millones de muertes por año. Agentes virales, tales como rotavirus, astrovirus, calicivirus y adenovirus, son responsables de un buen número de estas gastroenteritis.

Título de la línea de Investigación: Degeneración y Regeneración Tisular. Líder Académico: Luis Fernando Covarrubias Robles. Una célula en desarrollo no tiene marcado su destino intrínsecamente; más bien, la célula va construyendo su destino conforme ésta va encontrando diferentes ambientes en el embrión en formación.

Título de la línea de Investigación: Comunicación peptidérgica en el sistema nervioso: de las moléculas a los sistemas. Líder Académico: Jean Louis Charli Casalonga. Los péptidos forman una clase ubicua de mensajeros intercelulares a todo lo largo de la escala filogenética. En el cerebro de los mamíferos, contribuyen a crear una diversidad extraordinaria de comportamientos. Sin embargo, la información sobre los modos de acción de estos mensajeros es todavía incompleta.

Título Genérico de su línea de Investigación: Participación de los canales iónicos en la fisiología del espermatozoide. Líder Académico Alberto Darszon Israel. El diálogo entre gametos es clave para que ocurra la fecundación e involucra la regulación de la permeabilidad iónica de sus membranas.

Título de la línea de Investigación: Aspectos moleculares y celulares de la comunicación peptidérgica en el sistema nervioso. Líder Académico: Patricia Ileana Joseph Bravo. Los péptidos forman una clase ubicua de mensajeros intercelulares a todo lo largo de la escala filogenética.

Título de la línea de Investigación: Caracterización funcional de genes que participan en el desarrollo embrionario de vertebrados, a través de manipulaciones genéticas en animales transgénicos. Líder Académico: Hilda María Lomelí Buyoli. El entendimiento del control genético durante el desarrollo embrionario es uno de los retos más importantes de la Biología moderna. El enfoque de la genética de desarrollo se basa en el uso de tecnologías que permiten la manipulación de genes específicos.

Título de la línea de Investigación: Biología molecular de virus y genómica funcional de la interacción virus-célula huésped. Líder Académico Susana López Charretón. El grupo de investigación se ha interesado en montar sistemas eficientes y rápidos que nos permitan diagnosticar las cepas del virus influenza circulantes en México.

Título de la línea de Investigación Estudio de la regulación de la motilidad del espermatozoide por medio de herramientas ópticas. Líder Académico; Takuya Nishigaki Shimisu. El objetivo general del proyecto es dilucidar el mecanismo de regulación de la movilidad del espermatozoide de mamíferos correlacionado con tres factores intracelulares: Ca^{2+} , pH y AMPc. En general, es difícil capturar imágenes fluorescentes de objetivos móviles como los espermatozoides.

Anexo patentes solicitadas y otorgadas al IBt,
Cinvestav y CB-FEMSA

Tabla A2.1 Patentes solicitadas en México, otros países y PCT por el IBt 2006-2013

Patente	Año de solicitud	País de solicitud
MX/a/2013/007474. Possani P. L. D., Pedraza E. M. Martha, Espino S. P. G., Olvera R. A. y Cardoso T. H. M. “Nuevos anticuerpos monoclonales contra el receptor dec-205 de células dendríticas de pollo”.	2013	México
PCT/US2013/056188. Charles Chiu, Guixia Yu, Alexander Greninger, Pavel Isa, Carlos F. Arias, Joseph De Risi, Juliet Parsonnet y Steve Miller. “A novel polynavirus associated with diarrhea in children”.	2013	Internacional
MX/a/2013/011000. Torres G., A., Regla C., J.I.; Castillo R., E. y López-Munguía C., A. “Método químico-enzimático para la síntesis de vainillinamidas de ácidos grasos”.	2013	México
MX/a/2013/012465. Corrales G. L. L., Rodríguez S. A. J., y Corzo B. G. A. “Uso de péptidos recombinantes y sintéticos como antibióticos contra mycobacterium tuberculosis y otras bacterias patógenas”.	2013	México
MX/a/2013/012900. Fuentes-Ponce L. G., Martínez-Mejía L. M., Ramírez R. O. T., Martínez-Jiménez A., Bolívar Z. F. G. y Gosset L. G. “Cepas de Escherichia coli con una alta capacidad para la producción de plásmidos y su uso en la producción de vacunas de ADN”.	2013	México
PCT/IB2012/000827. Soberón Mario, Bravo Alejandra y Pardo Liliana. “Mutant Bacillus thuringiensis Cry genes and methods of use”.	2013	Canadá, Brasil, China, Europa, India, México y en 2012 en E.U.
MX/a/2012/003698. Vázquez Duhalt, Rafael; Ayala Aceves, Marcela; Perezgasga Ciscomani, Lucia; Uribe Álvarez, Cristina; Naranjo, Leopoldo y Urbina Héctor. “Uso de Neosartorya para transformar y mineralizar los asfaltenos como única fuente de carbono y de energía”.	2012	México.
13/449,027. Soberón M. y Bravo A. “Novel bacterial proteins with pesticidal activity”.	2012	Estados Unidos
MX/a/2011/000921. Lourdes Romero P., María de las M. Alvarado V., Luis Bojórquez N., Maricela Olvera R. y Enrique Morett S. “Circovirus porcino Tipo 2, Subtipo Jalisco multiplicado en células de riñón de mono verde africano (Vero) para elaboración de vacuna inactivada contra circovirosis porcina”.	2011	México
MX/a/2011/002100. Leobardo Serrano Carreón, Mario Soberón Chávez y María Alejandra Bravo-De La Parra. “Composición de un bioinsecticida para el control biológico de larvas de mosquitos, vectores de enfermedades, con efectividad estabilizada”.	2011	México
MX/a/2011/005274. Gerardo A. Corzo B., Francia García G., Lourival D. Possani P. y Elba C. Villegas V. “Uso de un péptido antibiótico proveniente del veneno del alacrán Centruroides suffusus y su composición farmacéutica obtenida con antibióticos comerciales”.	2011	México

Patente	Año de solicitud	País de solicitud
MX/a/2011/007177. Georgina Gurrola B., Lorenzo Sánchez V., Jesús Silva S. y Lourival D. Possani. “Nuevo péptido antibiótico híbrido y sus variantes”.	2011	México
MX/a/2011/008256. José Utrilla Carreri, Luz María Martínez Mejía, Guillermo Gosset Lagarda y Alfredo Martínez Jiménez. “Nuevos transportadores de xilosa y sus aplicaciones”.	2011	México
MX/a/2011/009885. Lidia Riaño U., Everardo R. Rodríguez R., Baltazar Becerril L. y Lourival D. Possani P. “Nueva familia de variantes de fragmentos de anticuerpos humanos recombinantes de cadena sencilla que reconocen a las toxinas cn2 y css2 y al veneno total de alacranes Centruroides”.	2011	México
MX/a/2011/010576. Guillermo A. Barraza G., Herlinda C. Clement C. y Gerardo A. Corzo B. “Un nuevo péptido analgésico proveniente del veneno de la araña <i>Brachypelma verdezy</i> ”.	2011	México
PCTMX2010/000075 A. Martínez J., G. Gosset L., G. T. Hernández Ch., G. Huerta B., B. Trujillo y M., J. Utrilla C. “Cepas de <i>Escherichia coli</i> modificadas por ingeniería metabólica para la producción de compuestos químicos a partir de lignocelulosa hidrolizada, pentosas, hexosas u otras fuentes de carbono”.	2010	Solicitud internacional
PCT MX 2010/000065 A. Alagón C., D. S. Paniagua M., L. Jiménez M., I. Vergara B., A. Calderón C., R. Mondragón C., M. Bémad V., R. P. Stock S., C. Romero N., H. Vázquez L., M.J. Bernas, L. Victoria B. y M.H. Witte. “Modelo animal grande para evaluación de eficiencia de antivenenos en sangre”.	2010	Solicitud internacional
PCT/MX2007/000068 L. Pardo-López, E. B. Tabashnik, M. Soberón-Chavéz, M. A. Bravo-De La Parra, “Supresión de resistencia en insectos hacia las toxinas Cry de <i>Bacillus thuringiensis</i> utilizando toxinas que no requieren al receptor caderina”.	2010	Solicitud Internacional
MX/a/2009/005703 L. A. Palomares-Aguilera, R. M. Castro A., O. T. Ramírez R. y A. L. Revilla V. “Método analítico para la cuantificación diferenciada de estructuras virales proteicas multiméricas”.	2009	México
PCT/IB2007/001544 L. D. Possani P., G. Gurrola-Briones, S. P. Salas-Castillo, C. V. Ferreira B., Z. S. Varga, G. Panyi, R. Gaspar, “Vm23 and Vm24, two scorpion peptides that block human-T-lymphocyte potassium channels (sub-type Kv1.3) with high selectivity and decrease the in vivo DTH-responses in rats”.	2009	Euroasia, Corea, Estados Unidos, India, Israel, China, Australia y Canadá
PCT/MX2006/000108 E. Galindo F., L. Serrano C., J.A. Carrillo F., R. Allende M., R. S. García E., L. Trujillo R. y M. Patiño V., “Método para obtener una composición sólida <i>Rhodotorula minuta</i> , efectiva para control biológico de antracnosis y la composición obtenida”.	2009	Brasil, Ecuador y Estados Unidos
MX/a/2008/011306 B. I. García-Gómez, T. C. Olamendi-Gómez y L. D. Possani P., “Inmunógenos recombinantes para la producción de antivenenos contra el veneno de alacranes del género <i>Parabuthus</i> ”	2008	México

PCT/MX 2008/000080 O. T. Ramírez Reivich, G. Plascencia Villa, L. A. Palomares Guilera, Y. A. Mena Méndez y J. M. Saniger Blesa, “Uso de proteínas multiméricas virales como templados para la construcción de nanobiomateriales”.	2008	Solicitud internacional
PCT/IB2006/001856 M. Soberón Ch. & A. Bravo de la P., “Novel bacterial proteins with pesticidal activity”.	2008	China, Brasil, Canadá
PCT/MX2005/000071. Olvera A., R.P. Stock, B.M. Ramos, R. Sánchez & A. Alagón. “Inmunógeno y anti- veneno contra el veneno de la araña violinista”. Copropiedad de la UNAM y Laboratorios Silanes.	2007	Ecuador, Australia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Argentina y Venezuela
PA/a/2006/007818 A. R. Lara R., M. de C.Vázquez L., G. Gosset L., F. G. Bolívar Z., A. López-Munguía C. & O. T. Ramírez R., “Estrategia para generar células insensibles a condiciones heterogéneas en biorreactores industriales a través de mutaciones de vías metabólicas anaerobias”.	2006	México
PCT/CA2004/001891 Deng, Wanyin. Finlay, Brett. Gruenheid, Samantha. Puente, Jose L. Vallance, Bruce. “Bacterial virulence factors uses thereof”. Copropiedad de la UNAM y Universidad de la Columbia Británica.	2006	Solicitud Internacional

Fuente: Informe de Labores del IBt 2013

Tabla A2.2 Líneas de Investigación del CINVESTAV relacionadas con los biomedicamentos

Investigador	Línea de Investigación	Departamento
Rodolfo Marsch Moreno	Diseño y construcción de herramientas moleculares y Estudio de la biodiversidad y procesos moleculares microbianos en suelos.	Biotecnología y bioingeniería
Ana Carmela Ramos Valdivia	Biotecnología del metabolismo secundario y la participación de los mismos en las interrelaciones metabólicas planta ambiente en cultivos celulares, de órganos y de plantas de especies americanas y su producción a nivel de biorreactor.	Biotecnología y bioingeniería
Graciano Calva	Metabolismo secundario vegetal y obtención de proteínas heterólogas con utilidad terapéutica e industrial.	Biotecnología y bioingeniería
Elvira Ríos Leal	Química Analítica en Biotecnología, área de Alimentos y Farmacéutica.	Biotecnología y bioingeniería
Héctor Mario Poggi Varaldo	Biorrefinería de residuales orgánicos: Bioenergías (biohidrógeno, biometano, bioelectricidad) y productos de valor agregado (enzimas, biomateriales).	Biotecnología y bioingeniería
Luis Bernardo Flores Cotera	Microorganismos asociados a plantas superiores de México: aislamiento, identificación taxonómica, biodiversidad y potencial como fuente de compuestos de interés farmacéutico.	Biotecnología y bioingeniería
Jaime Ortega López	Biocatálisis.	Biotecnología y bioingeniería
María Teresa Ponce Noyola	Obtención de sacarificados enzimáticos a partir de residuos agrícolas para la producción de metabolitos de interés industrial	Biotecnología y bioingeniería

Investigador	Línea de Investigación	Departamento
Rodolfo Marsch Moreno	Diseño y construcción de herramientas moleculares y Estudio de la biodiversidad y procesos moleculares microbianos en suelos.	Biotecnología y bioingeniería
Refugio Rodríguez Vázquez	Biorremediación de suelo y agua. Aplicación de residuos agroindustriales en la biorremediación de suelos, enzimas fúngicas en la degradación de compuestos orgánicos persistentes y aplicación de la nanotecnología en el tratamiento biológico de efluentes industriales.	Biotecnología y bioingeniería
Fernando José Esparza García	Tratamiento por procesos de fitorremediación de suelos contaminados.	Biotecnología y bioingeniería
Juan Alfredo Salazar Montoya	Biotecnología de Alimentos	Biotecnología y bioingeniería
Emma Gloria Ramos Ramírez	Aprovechamiento de productos y subproductos agropecuarios para la obtención de nuevos aditivos.	Biotecnología y bioingeniería
Rosa Olivia Cañizares Villanueva	Estudio del potencial que tienen las microalgas para la resolución de problemas ambientales. Obtención de biodiesel y de biofertilizantes para la obtención de bioproductos a partir de la biomasa a y su aplicación en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.	Biotecnología y bioingeniería
María del Carmen Montes Horcasitas	Producción, purificación y caracterización en biorreactores de enzimas nativas y recombinantes de interés biotecnológico.	Biotecnología y bioingeniería
Frédéric Thalasso	Bioprocesos ambientales, transferencia de masa y diseño de biorreactores	Biotecnología y bioingeniería
Luc Julien Jerome Dendooven	Estudio de los procesos y la biodiversidad microbiana en el suelo.	Biotecnología y bioingeniería
Fermín Pérez Guevara	Fenómenos de transporte, análisis y modelado de bioprocesos.	Biotecnología y bioingeniería
Guadalupe Beatriz Xoconostle Cázares	Enfoque multidisciplinario de tolerancia a estrés abiótico en plantas	Biotecnología y bioingeniería
Josefina Barrera Cortés	Producción de bioinsecticidas	Biotecnología y bioingeniería
Roberto Ruiz Medrano	Análisis de los genes que codifican RNAs que se transportan a través del floema en Arabidopsis.	Biotecnología y bioingeniería
María Eugenia Hidalgo Lara	Producción, purificación e inmovilización de enzimas nativas y recombinantes de interés industrial.	Biotecnología y bioingeniería
Ricardo Aguilar López	Análisis dinámico y control de bio-procesos. Estimación y monitoreo de bio-sistemas.	Biotecnología y bioingeniería
Leopoldo Santos Argumedo	Estudio de los procesos de maduración, activación y diferenciación de los linfocitos B tanto en humanos como ratones.	Biomedicina molecular
Marco Antonio Meraz Ríos	Generación de modelos celulares y transgénicos para la polimerización anormal de la proteína <i>Tau</i> .	Biomedicina molecular
Rebeca Georgina Manning Cella	Estudios de los mecanismos moleculares y celulares del proceso de infección de <i>Trypanosoma cruzi</i> .	Biomedicina molecular

Investigador	Línea de Investigación	Departamento
Rodolfo Marsch Moreno	Diseño y construcción de herramientas moleculares y Estudio de la biodiversidad y procesos moleculares microbianos en suelos.	Biotecnología y bioingeniería
Isaura Meza Gómez Palacio	Estructura y caracterización de los genes de proteínas del citoesqueleto en modelos eucariontes y mecanismos que regulan su transcripción.	Biomedicina molecular
Rosaura Hernández Rivas	Estudio Molecular de la variación antigénica en <i>Plasmodium falciparum</i> , Mecanismos moleculares que regulan la expresión.	Biomedicina molecular
Miguel Angel Vargas Mejía	Estudio molecular y celular de las proteínas involucradas en el patogénesis de la amibiasis y caracterización molecular de la motilidad celular en <i>Entamoeba histolytica</i> .	Biomedicina molecular
Nicolás Villegas Sepúlveda	Splicing en Papillomavirus y su papel como agente oncogénico.	Biomedicina molecular
María Carmen Sánchez Torres	Caracterización funcional de distintas subpoblaciones de células de dendríticas derivadas de monocitos humanos.	Biomedicina molecular
María Teresa Estrada García	Epidemiología molecular de las enfermedades diarreicas y crónicas, así como respuesta inmune intestinal.	Biomedicina molecular
Vianney Francisco Ortiz Navarrete	Vías alternas de procesamiento y presentación de antígeno exógenos presentados por moléculas clase I del complejo principal de histocompatibilidad.	Biomedicina molecular
Leticia Cedillo Barrón	Biología Molecular e Inmunopatología del virus Dengue.	Biomedicina molecular
Juana Virginia Tapia Vieyra	Establecimiento de líneas celulares troncales embrionarias de rata y desarrollo de quimeras.	Biomedicina molecular
Carlos Miguel Villalón Herrera	Caracterización funcional/operacional de los mecanismos involucrados en los efectos cardiovasculares de la serotonina, catecolaminas y otras aminas biogénicas.	Farmacobiología
Francisco Javier López Muñoz	Estudio de la farmacodinamia y farmacocinética de analgésicos en general.	Farmacobiología
Silvia Lorenia Cruz Martín del Campo	Farmacología del sistema nervioso central. Bases neurofisiológicas de la dependencia a drogas, particularmente opioides y disolventes.	Farmacobiología
Enrique Hong Chong	Farmacología cardiovascular y autonómica.	Farmacobiología
José Alonso Fernández Guasti	Hormonas esteroideas e interacción con psicofármacos.	Farmacobiología
Vinicio Granados Soto	Farmacología y fisiopatología del dolor.	Farmacobiología
Carolina López Rubalcava	Neurofarmacología y psicofarmacología.	Farmacobiología
Guadalupe Bravo	Hipertensión arterial, fármacos antihipertensivos y consecuencias cardiovasculares de la lesión medular. Obesidad y sus alteraciones cardiovasculares.	Farmacobiología

Investigador	Línea de Investigación	Departamento
Rodolfo Marsch Moreno	Diseño y construcción de herramientas moleculares y Estudio de la biodiversidad y procesos moleculares microbianos en suelos.	Biotecnología y bioingeniería
Alfredo Meneses Hernández	Estudio de las bases farmacológicas del aprendizaje y la memoria.	Farmacobiología
Gabriela Rodríguez Manzo	Análisis farmacológico y fisiológico del fenómeno de saciedad sexual.	Farmacobiología
Luisa Lilia Rocha Arrieta	Epilepsia.	Farmacobiología
Mónica Lamas Gregori	Regulación de la expresión génica en células eucariotas.	Farmacobiología
Claudia González Espinosa	Transducción de señales en células cebadas.	Farmacobiología
David Centurión Pacheco	Caracterización farmacológica de los efectos centrales y periféricos de algunas monoaminas, imidazolinas, alcaloides del ergot y hormonas esteroides sobre el sistema cardiovascular.	Farmacobiología
José Fernando Peña Ortega	Propiedades intrínsecas y sinápticas que determinan la integración funcional de circuitos neuronales y la generación de los ritmos cerebrales.	Farmacobiología
Janet Murbartian Aguilar	Regulación de canales iónicos por activación de receptores acoplados a proteínas G y por receptores a hormonas.	Farmacobiología
Norma Leticia Gómez Viquez	Estudio de los mecanismos que regulan la concentración intracelular de Ca ²⁺ en células del músculo liso vascular y en miocitos cardiacos. Estudio de las alteraciones en la homeostasis de Ca ²⁺ y de la remodelación eléctrica en las cardiomiopatías inducidas por hipertensión y diabetes tipo 2.	Farmacobiología
José Antonio Terrón Sierra	Dilucidar las alteraciones que produce la exposición crónica a estrés sobre el sistema de serotonina (5-HT) a nivel central y periférico, particularmente en lo referente a los receptores probablemente involucrados en la fisiopatogénesis y tratamiento de la depresión y la migraña.	Farmacología
Pablo Muriel de la Torre	Estudios fisiopatológicos y farmacológicos de las enfermedades hepáticas.	Farmacología
Víctor Manuel Pérez Alvarez	Síntesis y evaluación farmacológica de agentes hepato protectores derivados del ácido cinámico y de la 3-fenil-(3-ftalil)-propanamida.	Farmacología
Liliana Favari Perozzi	Farmacología y ecotoxicología hepáticas.	Farmacología
Gilberto Castañeda Hernández	Farmacología integrativa estudio de mecanismos farmacocinéticas y farmacodinámicos involucrados en la acción de fármacos en organismos integros.	Farmacología
Jorge Alberto Sánchez Rodríguez	Estudios del canal de calcio sensible a las dihidropiridinas en músculo esquelético (alfa 1s).	Farmacología

Investigador	Línea de Investigación	Departamento
Rodolfo Marsch Moreno	Diseño y construcción de herramientas moleculares y Estudio de la biodiversidad y procesos moleculares microbianos en suelos.	Biotecnología y bioingeniería
María del Carmen García	Acople excitación-contracción en músculo esquelético y cardiaco; regulación del calcio en músculo; canales de calcio operados por depleción de fuentes intracelulares (SOC) en músculo esquelético; papel del canal mitocondrial de K ⁺ modulado por ATP en la fatiga muscular; acondicionamiento farmacológico en músculo cardiaco.	Farmacología
Carlos Hoyo Vadillo	Estudios de farmacogenómica asociados con la diabetes tipo 2 y con el metabolismo de fármacos con CYP3A4, CYP2C9 y CYP2C19.	Farmacología
Francisco Javier Camacho Arroyo	Participación de proteínas de membrana en la proliferación celular aspectos oncogénicos, fisiológicos y farmacológicos.	Farmacología
José Vázquez Prado	Transducción de Señales.	Farmacología
Ranier Gutiérrez Mendoza	Registro de la actividad eléctrica de ensamblajes neuronales en animales en libre movimiento.	Farmacología

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A2.5 Patentes solicitadas en México, otros países y PCT por el CINVESTAV 1980-2013

No	Registros en México							Registros PCT**	Registros otros países**	Total general presentadas
	Patentes	Modelo utilidad	Diseño industrial	Marcas	Esquema de trazado de circuitos integrados					
1980	1								1	
1981	1								1	
1982	1								1	
1983									0	
1984	3								3	
1985	2							1	3	
1986	5								5	
1987	3							1	4	
1988	5								5	
1989	2							2	4	
1990	1							2	3	
1991	1								1	
1992	1							1	2	
1993	3								3	
1994	2								2	
1995	3							1	4	
1996	4							8	12	
1997	3				4			1	8	
1998	1							2	3	
1999	4							9	13	
2000	10							1	11	
2001	8								8	
2002	8							1	9	
2003	12							4	16	
2004	12							2	14	
2005	10	1						8	19	
2006	8	3						2	14	
2007	4							2	6	
2008	8	6	5					1	19	
2009	14		1					2	17	
2010	33	11	2					3	49	
2011	40	1	16					11	68	
2012	44	2	10					4	60	
2013	37	3	2	6	1			11	59	
Total general	294	25	28	20	1		33	78	479	

Fuente: Página Oficial de la Subdirección de Vinculación Tecnológica del CINVESTAV, vt.cinvestav.mx. [Consultada el

10 de diciembre del 2013]

Tabla A2.4 Patentes solicitadas en México, otros países y PCT por el CB FEMSA 2009-2015

Patente	Estatus	Fecha de publicación	País de solicitud
Sánchez-Fernández, J., Villa-Pulido, A., & Villa-Pulido, A. Moldes flexibles para la formación de probetas para prueba de concreto. No. de registro: MX/a/2012/014812.	Publicada	2012-12-14	México
Sánchez-Fernández, J., Elías-Zúñiga, A., Rodríguez-Gonzalez, C., & Siller-Carrillo, H. Método para funcionalizar y dispersar nanotubos de carbono en una matriz polimérica. No. de registro: MX/a/2012/014706.	Publicada	2012-12-14	México
Hernández-Brenes, C., Gutiérrez-Urbe, J., García-Cruz, M., Benavides-Lozano, J., & Rodríguez-Sánchez, D. "extracto de aguacate enriquecido en compuestos bioactivos con actividad antimicrobiana, antibacteriana e inhibidora de la germinación de esporas bacterianas". No. de registro: MX/a/2013/001609.	Publicada	2013-02-08	México
Jacobo-Velázquez, D., Becerra-Moreno, A., Benavides-Lozano, J., & Cisneros-Zevallos, L. "Proceso para la sobreproducción de ácido shikímico y compuestos fenólicos en cultivos hortofrutícolas". No. de registro: Mx/a/2013/000789.	Publicada	2013-01-18	México
Álvarez, M., Garza-García, L., & Ozuna-Chacón, S. "micro-reactores continuos de canal para la producción de Biofármacos en células de ovario de hámster chino". No. de registro: MX/a/2012/014806.	Publicada	2012-12-14	México
Hernández-Brenes, C., Rodríguez-Sánchez, D., Gutiérrez-Urbe, J., García-Cruz, M., & Benavides-Lozano, J. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from an avocado extract enrich in bioactive compounds. No. de registro: PCT/IB2011/53535.	Publicada	2010-08-09:	España
Hernández-Brenes, C., García-Cruz, M., Gutiérrez-Urbe, J., Benavides-Lozano, J., & Rodríguez-Sánchez, D. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from avocado extract enriched in bioactive compounds..	Publicada	2011-08-08	México
Álvarez, M., Bulnes-Abundis, D., Zertuche-Guerra, M., & Velázquez-Lam, E. Cultivo de Haemophilus influenzae en medios de cultivo libres de compuestos de origen animal. No. de registro: Mx/a/2010/14276.	Publicada	2010-12-20	México
Rito-Palomares, M., Espitia-Saloma, E., Aguilar-Jiménez, O., & Vázquez-Villegas, O. Dispositivo para separación continua de líquidos inmiscibles. No. de registro: Mx/a/2012/008002.	Publicada	2012-07-09	México
Hernández-Brenes, C., Rodríguez-Sánchez, D., Torre-Amione, G., & García-Rivas, G. Extractos de guanábana (annona spp) con alto contenido de acetogeninas y su uso en composiciones antiagregantes plaquetarias. No. de registro: MX/a/2012/014817.	Publicada	2012-12-14	México

Patente	Estatus	Fecha de publicación	País de solicitud
Hernández-Brenes, C., Rodríguez-Sánchez, D., Torre-Amione, G., & García-Rivas, G. Método de obtención de extractos de aguacate (<i>Persea spp</i>) con alto contenido de acetogeninas y el uso de extracto. No. de registro: Mx/a/2012/011212	Publicada	2012-08-27	México
Álvarez, M., Garza-García, L., & Ozuna-Chacón, S. Micro-reactores continuos compartamentalizados para la producción de Biofármacos en células de ovario de hámster chino. No. de registro: MX/a/2012/014894.	Publicada	2012-12-17	México
Cortés-Ramírez, J., Valencia-Gallegos, J., & Gosh-Ingram, R. Método de extracción de Quitosano. México. No. de registro: Mx/a/2010/013923.	Publicada	2010-12-15:	México
Rito-Palomares, M., Benavides-Lozano, J., Gutiérrez-Uribe, J., & Vásquez-León, R. Obtención de un extracto enriquecido en fucoxantina mediante el uso de sistemas de dos. No. De registro: MX/a/2010/009229.	Publicada	N/L	México
Hernández-Brenes, C., Díaz-de la Garza, R., Ramos-Parra, P., & García-Salinas, C. Proceso con alta presión hidrostática para la acumulación de fitonutrientes en los alimentos de origen vegetal. No. de registro: Mx/a/2012/009954.	Publicada	2012-08-27	México
García-Lara, S., Gutiérrez-Uribe, J., & García-Pérez, E. Proceso para la regeneración de plantas de orégano mexicano (del género <i>Poliomintha</i>) mediante organogénesis indirecta. No. de registro: MX/a/2012/009499.	Publicada	2012-08-15	México
Álvarez, M., Garza-Madrid, M., de Luna-Saldivar, M., & Granados-Pastor, M. Protocolo de Cultivo para la expansión de células madre hematopoyéticas humanas (CD133+ y CD34+) obtenidas por leucoféresis. No. de registro: Mx/a/2010/014281.	Publicada	2010-12-20:	México
García-Lara, S., & Ortíz-Islas, S. Silo ecológico para almacenar granos o semillas. No. de registro: MX/a/2012/014505.	Publicada	2012-12-12	México
Álvarez, M. Uso de antígenos recombinantes diméricos producidos en <i>escherichia coli</i> para determinar la cantidad de anticuerpos específicos contra virus de influenza en muestras de suero sanguíneo. No. de registro: MX/a/2012/015056	Publicada	2012-12-17	México
Alvarez, M., Aguilar-Yáñez, J., Bulnes-Abundis, D., López-Pacheco, F., & Portillo-Lara, R. 63. Inmunoensayo para determinar la cantidad de anticuerpos específicos contra Influenza A-H1N1 en muestras de suero sanguíneo. No. de registro: MX/a/2009/014098.	Publicada	2009-12-18:	México
Hernández-Brenes, C., García-Cruz, M., Gutiérrez-Uribe, J., Benavides-Lozano, J., & Rodríguez-Sánchez, D. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from avocado extract enriched in bioactive compounds.	Publicada	2011-08-08:	Reino Unido
Hernández-Brenes, C., García-Cruz, M., Gutiérrez-Uribe, J., Benavides-Lozano, J., & Rodríguez-Sánchez, D. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from avocado extract enriched in bioactive compounds.	Publicada	2011-08-08	China.

Patente	Estatus	Fecha de publicación	País de solicitud
Hernández-Brenes, C., García-Cruz, M., Gutiérrez-Urbe, J., Benavides-Lozano, J., & Rodríguez-Sánchez, D. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from avocado extract enriched in bioactive compounds.	Publicada	2011-08-08	Japón
Hernández-Brenes, C., García-Cruz, M., Gutiérrez-Urbe, J., Benavides-Lozano, J., & Rodríguez-Sánchez, D. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from avocado extract enriched in bioactive compounds. No. de registro: 120443-2005.1.	Publicada	2011-08-08	Canadá
Hernández-Brenes, C., Gutiérrez-Urbe, J., García-Cruz, M., Rodríguez-Sánchez, D., & Benavides-Lozano, J. Antimicrobial, antibacterial and spore germination inhibiting activity from avocado extract enriched in bioactive compounds. No. de registro: US 13/763,262	Publicada	2011-08-08	Estados Unidos de América
Bulnes-Abundis, D., & Alvarez, M. Dispositivo electrónico de iluminación controlada para el estudio de Microorganismos fotosintéticos y/o materiales fotosensibles o fotoresponsivos. No. de registro: MX/a/2009/014116	Publicada	2009-12-19	México
Alvarez, M., Bulnes-Abundis, D., & Pacheco-Mosco, A. Dispositivo electrónico de iluminación controlada para el estudio de microorganismos fotosintéticos y/o materiales fotosensibles o fotoresponsivos. No. de registro:: MX/a/2009/014116	Publicada	2009-12-19	México
García-Lara, S., & Ortíz-Islas, S. Dispositivo para evaluar la resistencia de materiales laminados al ataque de insectos. No. de registro: MX/a/2011/013572.	Publicada	2011-12-14	México
Aguilar-Jiménez, O., Rito-Palomares, M., & Vázquez-Villegas, O. Dispositivo para recuperación continua de biopartículas mediante sistemas de dos fases acuosas y método de operación. No. de registro: MX/a/2009/13602	Publicada	2009-12-11	México
Hernández-Brenes, C., Rodríguez-Sánchez, D., García-Cruz, M., & Salinas-Salazar, C. Fracción enriquecida con acetogeninas de <i>Annona</i> spp y su uso como antibacteriano e inhibidor de la germinación de esporas. No. de registro: MX/a/2011/014013	Publicada	2011-12-16	México
Serna-Saldívar, S., Perez-Carrillo, E., & Alvarez, M. Improved method for obtaining bioethanol from sorghum grain (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench), comprising steps involving decortication and hydrolysis with proteases. No. de registro: 12/808,172 - US20110014671	Publicada	2010-06-14	Estados Unidos de América
Alvarez, M., García-Echauri, S., Aguilar-Yáñez, J., Arriola-Vucovich, J., & Salgado-Gallegos, J. Iniciadores y Sondas para la amplificación y detección molecular de ARN del Virus de la Influenza tipo A H1N1 brote 2009. No. de registro:: MX/a/2009/007788	Publicada	2009-07-22	México

Patente	Estatus	Fecha de publicación	País de solicitud
López-Pacheco, F., Aguilar-Yáñez, J., Alvarez, M., Bulnes-Abundis, D., & Mendoza-Ochoa, G. Inmunoensayo para determinar la cantidad de anticuerpos específicos contra virus de influenza A/H1N1/2009 en muestra de suero y plasma sanguíneo. No. de registro: Mx/a/2009/14098	Publicada	2009-12-18	México
Lazo-Vélez, M., Serna-Saldívar, S., & Gutiérrez-Díaz, V. Método de obtención de productos fermentados para panificación suplementados con sales inorgánicas de selenio para la biosíntesis de proteínas selenizadas y los productos de panificación con potencial quimiopreventivo de cáncer. No. de registro: Mx/a/2011/014037.	Publicada	2011-12-16	México
Alvarez, M., & Rodríguez-Martínez, L. Método para obtener en <i>Pichia pastoris</i> proteínas recombinantes con capacidad ADN polimerasa. No. de registro: MX/a/2011/013564:	Publicada	2011-12-14	México
Alvarez, M., & Rodríguez-Martínez, L. Método para obtener proteínas recombinantes con capacidad inmunogénica en <i>Pichia pastoris</i> y su uso en una preparación de vacunas contra virus de influenza. No. de registro: MX/a/2011/013020.	Publicada	2011-12-05	México
Valencia-Gallegos, J. Pasta combustible a base de arcilla modificada químicamente. No. de registro: MX/a/2011/013009.	Publicada	2011-12-05	México
Valencia-Gallegos, J. Pasta combustible a base de sílica pirógena hidrófoba. No. de registro: MX/a/2011/013017.	Publicada	2011-12-05	México
Serna-Saldívar, S., Guajardo-Touché, E., Gómez-López, E., & de la Re-Dávila, B. Proceso de Extracción de Ácido Oleanólico de <i>Phoradendrom Tomentosum</i> . No. de registro: MX/a/2009/009263.	Publicada	2009-08-28	México
Rodríguez-Sánchez, Á., Valencia-Gallegos, J., & Pinto-Piña, H. Proceso de Polimerización de L (+) ácido láctico. México. No. de registro: MX/a/2009/013601.	Publicada	2009-12-11	México
Serna-Saldívar, S., & Rodríguez-Gómez, F. Proceso de obtención de extrudidos pre gelatinizados e hidrolizados, los extrudidos obtenidos y el uso de dichos extrudidos provenientes de almidón y harinas de cereales para la elaboración de mostos. No. de registro: MX/a/2011/013729.	Publicada	2011-12-15	México
Mujica-Paz, H., Welte-Chanes, J., Hernández-Carrillo, J., & Valdes-Fragoso, A. Proceso para la elaboración de películas a partir de cítricos, las películas y su uso como empaque biodegradable y vehículo de compuestos activos. No. de registro: MX/a/2011/008209.	Publicada	2011-08-04	México
Rodríguez-Sánchez, Á., Aguirre-Ezkauriatza, E., Alvarez, M., Martínez-Valdéz, L., Muñoz-Santana, S., Pinto-Piña, H., & Ramírez-Medrano, A. Proceso para producción de L-lactato mediante fermentación de lactosuero con <i>Lactococcus lactis</i> subespecie <i>lactis</i> . No. de registro: PCT/MX2010/000143.	Publicada	2010-12-03	España
Viniegra-Clerke, E., Hernández-Herrera, H., & Gaitán-Gámez, J. Producto Cárnico reestructurado. No. de registro: MX/a/2009/012547.	Publicada	2009-11-20	México

Patente	Estatus	Fecha de publicación	País de solicitud
Viniegra-Clerke, E., Hernández-Herrera, H., & Gaitán-Gámez, J. Producto cárnico tipo lomo de res con alto valor agregado. No. de registro: Mx/a/2009/013416.	Publicada	2009-12-09	México
Álvarez, M. Proteínas recombinantes expresables en Escherichia coli como ingredientes activos de vacunas contra influenza A H1N1 Brote 2009 y su proceso de producción. No. de registro: PCT/MX2010/000027.	Publicada	2010-03-26	España
Marín-Flores, M., García-Romero, S., & Mohamed-Herrera, R. Formulación biodegradable removedora de manchas en textiles. No. de registro: Mx/a/2008/013391:	Publicada	2008-10-17	México
Valencia-Gallegos, J., & Álvarez, M. Multifuncional dendrons and dendrimers with high loading capacity. No. de registro: 12/739,717.	Publicada	2010-04-23	Estados Unidos de América
Álvarez, M., Carrillo-Cocom, L., González Garza-y Barrón, M., Maragurapan, G., Moreno-Cuevas, J., & Zavala-Arcos, J. Método para acelerar el crecimiento de células dependientes de anclaje en condiciones de cultivo no estacionario. No. de registro: MX/a/2008/016543.	Publicada	2008-12-19	México
Álvarez, M., & Aguirre-Ezkauriatza, E. Proceso de alto rendimiento para la producción de biomasa probiótica de bacterias lácticas a partir de suero de leche no suplementado. No. de registro: MX/a/2008/016564.	Publicada	2008-12-19	México
Álvarez, M., Aguilar-Yáñez, J., Portillo-Lara, R., Mendoza-Ochoa, G., García-Echauri, S., Salgado-Gallegos, J., Aguirre-Ezkauriatza, E., & Ruíz-Palacios-y Santos, G. Proteínas Recombinantes expresables en Escherichia Coli como ingredientes activos de vacunas contra influenza A H1N1 brote 2009 y su proceso de producción. No. de registro: PCT/MX2010/000027.	Publicada	2010-03-23	México
Benavides-Lozano, J., Garza-Madrid, M., Rito-Palomares, M., & Serna-Saldívar, S. Sistemas de dos fases acuosas en contenedores de geometría no rígida. No. de registro: MX/a/2008/016310.	Publicada	2008-12-18	México
Álvarez, M., Aguilar-Yáñez, J., & Bulnes-Abundis, D. Sistema de agitación excéntrico para bio-reactores de cultivo de células sensibles a estrés mecánico y tanques de mezclado de líquidos viscosos. México. No. de registro: MX/a/2008/016555.	Publicada	2008-12-19	México
Álvarez, M., Carrillo-Cocom, L., & Rivas, M. Sistema de agitación inducida por una plataforma de movimiento rotacional concéntrico para cultivo de células y tejidos. No. de registro: MX/a/2008/015024.	Publicada	2008-11-27	México
Gutiérrez-Urbe, J., & Serna-Saldívar, S. Agave Syrup Extract having Anticancer Activity. No. de registro: 20090124685.	Publicada	2008-09-09	Estados Unidos de América
Álvarez, M., & Valencia-Gallegos, J. Dendrimeros y Dendrones Multifuncionales con alta capacidad de carga. No. de registro: PCT/MX/2008/000143.	Publicada	2008-10-24	España

Patente	Estatus	Fecha de publicación	País de solicitud
Álvarez, M., & Valencia-Gallegos, J. Dendrimeros y Dendrones Multifuncionales con alta capacidad de carga. México. No. de registro: MX/a/2007/013267.	Publicada	2007-10-24	
Serna-Saldívar, S., Álvarez, M., & Pérez-Carrillo, E. Proceso mejorado para obtener bioetanol a partir del grano de sorgo (sorgo bicolor L. Moench que integra las etapas de decorticación e hidrólisis con proteasa. No. de registro: PCT/MX2008/000144.	Publicada	2008-10-24	España
Serna-Saldívar, S., Álvarez, M., & Pérez-Carrillo, E. Proceso mejorado para obtener bioetanol a partir del grano de sorgo (sorgo bicolor L. Moench que integra las etapas de decorticación e hidrólisis con proteasa. No. de registro: MX/a/2007/016073.	Publicada	2007-12-14	México
Álvarez, M., Aguilar-Yáñez, J., García-Echauri, S., Portillo-Lara, R., & Mendoza-Ochoa, G. Proteínas Recombinantes expresables en Escherichia Coli como ingredientes activos de vacunas contra influenza A H1N1 brote 2009 y su proceso de producción. No. de registro: MX/a/2009/009565.	Publicada	2009-09-08	México

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A2.5 Publicaciones Arbitradas del CB-FEMSA 1988-2015

Publicaciones	Fecha de publicación
Heredia-Olea, E., Pérez-Carrillo, E., & Serna-Saldívar, S. "Effect of extrusion conditions and biocatalysis with fiber degrading enzymes in the production of C5 and C6 sugar and bioethanol from brewers spent grains". <i>Biofuel Research Journal</i> . Canadá. [2015-83249]	Enero 2015
Heredia-Olea, E., Pérez-Carrillo, E., & Serna-Saldívar, S. "Effect of extrusion conditions and biocatalysis with fiber degrading enzymes in the production of C5 and C6 sugar and bioethanol from brewers' spent grains". <i>Biofuel Research Journal</i> . Canadá. pp: 203-208. [2015-85680]	Abril 2015
Heredia-Olea, E., Martínez-Martínez, I., Payán-Tamez, S., Palomera-Santandreu, I., Guajardo-Flores, S., & Pérez-Carrillo, E. "Effect of inuline and oatmeal addition on fat and dietary fiber content in hot press wheat flour tortilla". <i>Journal of Food Research</i> . Canadá, pp. 44-52. [2015-85695]	Enero 2015
Pérez-Carrillo, E., Chew-Guevara, A., Heredia-Olea, E., Velazquez-Reyes, H., & Serna-Saldívar, S. "Mixolab profile of wheat flour and their correlation with textural properties of hot-press tortilla". <i>Agriculture and Food Sciences Research</i> . Malasia. pp: 12-18. [2015-85694]	Mayo 2015
Pérez-Carrillo, E., Chew-Guevara, A., Heredia-Olea, E., Velazquez-Reyes, H., & Serna-Saldívar, S. "Mixolab profile of wheat flour and their correlation with textural properties of hot-press tortilla". <i>Agricultural and Food Science</i> . Malasia. [2015-85684]	Mayo 2015
Sánchez-Fernández, J., Cué Sampedro-Soberanis, R., Palacios-Aguilar, E., & Peña-Paras, L. "Functionalization of Carbon Nanotubes and Polymer Compatibility Studies". <i>Journal of Materials Science Research</i> . Canadá. pp: 1-13. [2014-81195]	Enero 2014

Publicaciones	Fecha de publicación
Jacobó-Velázquez, D., & Cisneros-Zevallos, L. “ An alternative use of horticultural crops: stressed plants as biofactories of bioactive phenolic compounds”. <i>Agriculture</i> . Suiza. pp: 259-271. [2012-78019]	Septiembre 2012
Aguirre-Ezkauriatza, E., & Aguilar-Yáñez, J. Diagnóstico del Proto-oncogén RET en una familia tamaulipeca con antecedente positivo de cáncer de tiroides. <i>Revista Ciencia UAT</i> . México. pp: 34-39 [2011-83231]	Marzo 2011
Videa-Vargas, M., García-Esparza, S., López de Lara-González, G., & Flores-González, L. Construction and characterization of lead acid negative active material + carbon paste electrodes. <i>ECS Transactions</i> . Estados Unidos de América. pp: 29-35. [2011-79709]	Agosto 2011
Welti-Chanes, J., Rangel-Marrón, M., Córdova-Quiroz, A., Cerón-Bretón, J., Cerón-Bretón, R., & Anguebes-Franceschi, F. “Estimation of Sorption Isotherms of Mango Pulp Freeze- Dried”. <i>International Journal of Biology and Biomedical Engineering</i> . Estados Unidos de América, pp: 18-23. [2011-79989]	Enero 2011
García-Pérez, E., Gutiérrez-Domínguez, J., & García-Lara, S. “In vitro effects of drought stress in Mexican Oregano”. <i>Insights in biotechnology</i> , México, pp: 11-15. [2011-69826]	.Mayo 2011
Videa-Vargas, M., & Arroyo-Currás, N. “Electrochemical study of flavonoids in acetonitrile: structure-activity relationships”. <i>ECS Transactions</i> , Estados Unidos de América, pp: 349-359.[2010-79717]	Junio 2010
Videa-Vargas, M., & Martínez-Alvarez, J. “Ion Transfer Across the Interface Between Two Immiscible Electrolytes (ITIES) Formed by the Biphasic System Water-Propanol-Sucrose-PEG”. <i>ECS Transactions</i> , Estados Unidos de América, pp: 307-314.[2010-53366]	Agosto 2010
Videa-Vargas, M., & López de Lara-González, G. “Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticles (AuNPs) and Their Electrophoretic Deposition” . <i>ECS Transactions</i> . Estados Unidos de América, pp: 171-181. [2010-53365]	Agosto 2010
García-Lara, S., & Bergvinson, D. ”Biotecnología y Mejoramiento Genético del Maíz en Poscosecha”. <i>CLARIDADES AGROPECUARIAS</i> . México, pp: 31-40. [2008-49287]	Septiembre 2008
Videa-Vargas, M. ”Ion Transfer at the Interface between Two Immiscible Electrolytes Formed by the Biphasic System Water-Propanol-Sucrose-PEG”. <i>ECS Transactions</i> . Estados Unidos de América, pp: 295-299. [2008-48070]	Diciembre .2008
Rito-Palomares, M. “Algas millonarias”. <i>CONTENIDO</i> . México. [2006-56375]	Febrero 2006
Rito-Palomares, M., Dale, C., & Lyddiat, A. “Aqueous two-phase fractionation of biological suspensions for protein recovery from bovine blood”. <i>BIOTECHNOLOGY TECHNIQUES (Online)</i> .Reino Unido, pp: 711-714. [1998-56297]	Septiembre 1998
Serna-Saldívar, S., & Rooney-L, W. “Valor Nutritivo de Tortillas de Maíz y Sorgo”. <i>CEIBA</i> . Venezuela, pp: 257-278. [1988-7907]	Diciembre 1988

Fuente: Elaboración propia.