

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA ECONÓMICAS, A.C.



**INCIDENCIA DE LA POLÍTICA PÚBLICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E
INNOVACIÓN EN EL ESTABLECIMIENTO DE LAS REDES DE COLABORACIÓN
EN EL ÁREA DE BIOTECNOLOGÍA EN MÉXICO**

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MAESTRA EN ADMINISTRACIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS

PRESENTA

ELENA TITOVA

DIRECTOR: DR. DAVID ARELLANO GAULT

SEGUNDO LECTOR: DRA. ANA DÍAZ ALDRET

MÉXICO, D.F. AGOSTO 2015

ÍNDICE

Introducción	6
Capítulo 1. Planteamiento de la investigación	11
Justificación	11
Tema y problema de investigación	12
Preguntas e hipótesis de investigación	23
Metodología	25
Capítulo 2. Marco teórico del análisis de las redes de colaboración ciencia – industria	31
La colaboración como estrategia esencial para la investigación en biotecnología y sus aplicaciones prácticas	31
Las redes de colaboración como arreglos para circulación de conocimiento en los sectores basados en la biotecnología	32
El sector empresarial	38
El sector académico	41
Las organizaciones intermediarias	43
Las relaciones dentro de las redes de colaboración	44
Los factores que determinan el establecimiento y la consolidación de las redes de colaboración	52
Las políticas gubernamentales de ciencia, tecnología e innovación para el área de biotecnología	56
Capítulo 3. La política pública de ciencia, tecnología e innovación y su incidencia en la consolidación de las redes de colaboración en biotecnología en México	63
El régimen de propiedad intelectual	79
Acceso a financiamiento	81

Productos esperados de colaboración	82
Los procedimientos administrativos	85
La comunicación efectiva entre los sectores académico y empresarial	86
Discusión de los resultados	87
Conclusiones	96
Bibliografía	101
Anexos	108

Índice de tablas y figuras

Esquema 1. La cadena de valor en el proceso de desarrollo de biofármacos.	37
Cuadro 1. Canales de transferencia de conocimientos que prevalecen en varios niveles de análisis	47
Cuadro 2. Las estrategias de los actores en las redes de colaboración en el área de biotecnología.	50
Cuadro 3. Factores que determinan la consolidación de las redes de aprendizaje en industrias innovadoras.	53
Cuadro 4. El apoyo de FIT dirigido a los proyectos en biotecnología en los años 2011-2014.	66
Cuadro 5. El apoyo de FINNOVA dirigido a los proyectos en biotecnología en los años 2011-2012.	68
Cuadro 6. Síntesis de información sobre las redes de colaboración ubicadas por medio del trabajo de campo.	71
Esquema 2. Una aproximación gráfica a la interacción entre los instrumentos de política pública y las redes de colaboración en los sectores que utilizan biotecnología en México.	77
Cuadro 7. Elementos organizacionales que implican ciertos obstáculos e incentivos para establecimiento de las redes de colaboración en el área de biotecnología.	78
Cuadro 8. Síntesis de los incentivos y obstáculos identificados en las redes de colaboración.	89

Lista de abreviaturas

ADN	Ácido desoxirribonucleico
CCADET	Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico
CIATEJ	Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco
CIBA	Centro de Investigaciones en Biotecnología Aplicada
CICESE	Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
CNyN	Centro de Nanociencias y Nanotecnología
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
COLPOS	Colegio de Postgraduados
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CPI	Centro público de investigación
CTI	Ciencia, tecnología e innovación
FCCyT	Foro Consultivo Científico y Tecnológico
<i>FDA</i>	<i>Food and Drug Administration</i>
FINNOVA	Fondo Sectorial de Innovación
FIT	Fondo de Innovación Tecnológica
FUMEC	Fundación México – Estados Unidos para la Ciencia
GIISEM	Grupo Interdisciplinario de Investigación en <i>sechium edule</i> en México
I+D	Investigación y desarrollo
IDTI	Investigación, desarrollo tecnológico e innovación
IES	Institución de educación superior
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
IPN	Instituto Politécnico Nacional
LANGEBIO	Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad

LCyT	Ley de Ciencia y Tecnología
NIH	<i>National Institute of Health</i>
OCDE	Organización de Cooperación y Desarrollo Económico
OTT	Oficina de transferencia de tecnología
PECiTI	Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación
PEI	Programa de Estímulos a la Innovación
PIB	Producto interno bruto
SNI	Sistema Nacional de Investigadores
UABC	Universidad Autónoma de Baja California
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UTT	Universidad Tecnológica de Tijuana
VIH	Virus de la inmunodeficiencia humana

Introducción

La política pública de ciencia, tecnología e innovación en México tiene gran importancia para el impulso de desarrollo económico y social del país. Por medio de esta política el gobierno busca fomentar la actividad científico-empresarial, la generación de nuevos productos, procesos y servicios con alto impacto social y avanzar hacia lo que se conoce como economía del conocimiento. Una de las áreas de conocimiento más prometedoras en este sentido es el de la biotecnología, un campo de conocimientos que se basa en la integración de una gama amplia de disciplinas y técnicas científicas. En este sentido se podría interpretar que el campo de la biotecnología sería uno prioritario para esta política pública. Sin embargo, hasta el momento México no ha logrado establecerse como un centro dinámico que genere y introduzca innovaciones biotecnológicas en diferentes sectores socioeconómicos, pese a los importantes apoyos existentes a través de la política pública de ciencia, tecnología e innovación. Vale la pena preguntarse por qué.

Acudiendo a diversos estudios sobre la generación del conocimiento en el ámbito de biotecnología se argumenta que para el desarrollo sustentable de este tipo de tecnología es indispensable la existencia de redes de colaboración densas y dinámicas entre los tres grupos de actores clásicos de la visión de la “triple hélice”: el sector empresarial, el sector académico y el sector intermediario (incluso, el gobierno). Estas redes representan un fenómeno muy complejo, difícil de definir y acotar. Sin embargo, es lógico asumir que el entendimiento de las dinámicas de estas redes puede resultar sumamente importante para afinar los instrumentos de la política pública diseñada para fomentar innovaciones específicamente en el área de biotecnología.

En la presente investigación se estudian algunas de las redes de colaboración que se establecieron entre los actores de los sectores académico, empresarial e intermediario con o sin participación en los programas públicos de fomento a las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Se estudian los principales obstáculos e incentivos que moldearon el establecimiento de estas redes. Para los fines de la presente investigación se estudió la incidencia de 3 programas públicos administrados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Economía (el Fondo de Innovación Tecnológica, el Fondo Sectorial de Innovación, el Programa de Estímulos a Innovación). A partir de las evidencias obtenidas mediante entrevistas semi-estructuradas a actores clave de la red, se describe la forma en que estos programas incidieron en la creación y la evolución de las redes estudiadas.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera. En el primer capítulo se discute el problema, las preguntas y la hipótesis de la investigación. Además, se señala el esquema metodológico del análisis cualitativo que se utiliza en la presente investigación. En el segundo capítulo se revisa el marco teórico sobre el entorno en que surgen las innovaciones en el área de biotecnología. La revisión bibliográfica se construye alrededor del concepto de las redes de colaboración que es clave para entender las dinámicas de la industria. Se expone su importancia para el desarrollo del potencial innovador en biotecnología y los componentes esenciales de estas redes.

Finalmente, en el tercer capítulo se proporcionan los datos cualitativos sobre las redes de colaboración ubicadas para el análisis. La muestra de estas redes se definió por el método

que Seawright y Gerring llaman como el método de los casos diversos.¹ Las redes seleccionadas para el estudio de caso ejemplifican diversos valores de la variable dependiente (el grado de consolidación de la red) y de la variable independiente (la presencia del apoyo de los programas públicos). La muestra ilumina el rango completo de la variación de estas variables: desde las redes poco consolidadas, con vínculos débiles y de baja complejidad hasta las redes bien consolidadas con diversos vínculos, incluso con los de alta complejidad. Además, algunas de las redes cuentan sistemáticamente con el apoyo de los programas del gobierno mexicano, mientras que otros cuentan con apoyo esporádico o ningún apoyo. Claramente, la muestra de los casos es representativa en el sentido mínimo porque representa la variación completa de la población de las redes de colaboración en biotecnología en el territorio mexicano. Sin embargo, esta muestra no refleja la distribución de esta variación en el universo de los casos porque no se sabe si la mayoría de los casos se encuentra en algún intervalo específico de esta variación (por ejemplo, la mayoría de las redes son poco consolidadas).

El diseño de estudio es exploratorio lo que implica el establecimiento de una nueva hipótesis sobre la relación causal entre el apoyo de los programas públicos y el grado de la consolidación de las redes de colaboración. La información obtenida mediante las entrevistas se analiza y se relaciona con los elementos organizacionales que se identifican en el marco teórico como los que tienen incidencia en el establecimiento de las redes de colaboración. La investigación se concluye con una propuesta para la afinación de la política pública estudiada con creación de una modalidad específica de apoyo a la innovación en el sector.

¹ Jason Seawright, John Gerring, "Case Selection Techniques in Case Study Research. A Menu of Qualitative and Quantitative Options", *Political Research Quarterly*, vol. 61, num. 2, June 2008, pp. 294-308.

Las preguntas centrales que esta investigación busca responder pueden resumirse en la siguiente: ¿cómo la política de fomento de ciencia, tecnología e innovación incide en la consolidación de las redes de colaboración que son cruciales para el desarrollo de biotecnología en México? En respuesta a esta pregunta se formuló la hipótesis de que los principales instrumentos de la política de ciencia, tecnología e innovación no están orientados específicamente a favorecer la consolidación de las redes de colaboración en biotecnología en México. Los instrumentos genéricos para fomentar innovación sí crean incentivos materiales para los actores involucrarse en colaboración con sus contrapartes en otros sectores pero estos incentivos no son suficientes como para superar algunos obstáculos fundamentales de colaboración que son característicos para el área de biotecnología (la alta incertidumbre y complejidad sobre los resultados de investigación, la descoordinación entre varias políticas que afectan y regulan generación y comercialización de los productos y servicios biotecnológicos).

Los resultados obtenidos en el análisis de las redes de colaboración ubicadas, principalmente, en el sector salud, acuicultura y agropecuario respaldan la hipótesis de que los instrumentos genéricos no son suficientes para detonar la innovación en estos sectores. Las redes con alta complejidad de los vínculos de colaboración son escasas y se apoyan en los esfuerzos individuales de los científicos “estrella” en biotecnología en México. Además, el eslabón de las empresas grandes establecidas como son las farmacéuticas, agropecuarias, etc. están casi ausentes en estas redes por no poder capturar el conocimiento que se genera en estas redes de manera satisfactoria.

La conclusión del trabajo apunta a la necesidad de complementar los instrumentos genéricos de fomento a investigación, desarrollo tecnológico e innovación en todos los

sectores socioeconómicos con los instrumentos específicos de apoyo a la generación y comercialización de los productos y servicios biotecnológicos. Las experiencias internacionales en esta materia señalan el éxito de tal estrategia en los países que tienen presencia de una base científica sólida pero las redes de colaboración fragmentas, entre los cuales se encuentra México. El argumento principal es que una modalidad específica para apoyar los proyectos en biotecnología podría atender mejor las particularidades de este sector, tales como la alta incertidumbre y complejidad de investigación básica y aplicada relevante para la generación de los productos y servicios con impacto social.

Capítulo 1. Planteamiento de la investigación.

1.1 Justificación

La importancia de investigación y uso de biotecnología para el desarrollo de un país como México es difícil de exagerar. En el siglo XXI, el país enfrenta grandes retos para proporcionar a su población los servicios y las condiciones indispensables para una vida digna. Particularmente, se representan los desafíos de alimentación, de la salud pública, de restauración y protección del medio ambiente, de la conservación de biodiversidad, entre otros. El uso de biotecnología moderna provee oportunidades para ayudar a resolver muchos de estos desafíos de manera, además, eficiente y sustentable.²

El Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI) 2014-2018 reconoce importancia de esta tecnología para México y establece como uno de los objetivos de la política pública fortalecer las capacidades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en biotecnología para resolver necesidades del país de acuerdo con el marco normativo en bioseguridad.³ El uso responsable de la biotecnología permite evitar los altos riesgos que potencialmente tiene esta tecnología para la sociedad. En México ya existe una cultura de bioseguridad y el entramado regulatorio adecuado que son indispensables para el avance en los objetivos del PECiTI.⁴

México cuenta con una base sólida de investigación en el ámbito de biotecnología. En particular, en el país se ubican aproximadamente 142 universidades que ofrecen programas de licenciatura en áreas relacionadas con biotecnología (biología, bioquímica, ciencias

² Francisco G. Bolívar Zapata, compilador y editor; [autores] Carlos F. Arias Ortiz... et al., "Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna", 2ª ed., México, El Colegio Nacional, 2007, p. 10.

³ Diario Oficial de la Federación, Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018, publicado el 30 de julio de 2014. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5354626&fecha=30/07/2014

⁴ Véase La Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y el Reglamento para la Ley.

biomédicas, biotecnología, ingeniería bioquímica, etc.) y 76 instituciones que cuentan con programas de posgrado en este área. Además, en el país existen alrededor de 7,500 investigadores que trabajan en áreas relacionadas a biotecnología, algunos de los cuales son líderes mundiales en sus temas de trabajo.⁵ Sin embargo, los desarrollos de la ciencia básica en biología molecular, bioquímica, biofísica no suelen llegar a las etapas de generación de aplicaciones finales, tales como productos y servicios comercializables.⁶ Generalmente, la lógica de investigación está orientada a ciencia básica: publicación de los resultados de investigación y formación de recursos humanos. Ante esta situación, resulta fundamental investigar cuáles son las restricciones y obstáculos que impiden el desarrollo nacional de biotecnología en México en términos de la generación de productos y servicios con impacto social.

1.2 Tema y problema de investigación

El marco teórico sobre la generación de conocimiento científico en el ámbito de biotecnología sugiere que el factor principal que determina el éxito del desarrollo tecnológico en este área es la existencia de redes de colaboración formadas por actores con vínculos estrechos y pertinentes durante largos períodos de tiempo.⁷ En este contexto las redes de colaboración se entienden como el conjunto de interacciones en varios niveles (intra- e interorganizacional)

⁵ ProMéxico, *Biotecnología*, Ciudad de México, mayo 2014.

http://mim.promexico.gob.mx/JS/MIM/PerfilDelSector/Biotecnologia/05052014_DS_Biotecnologia_ES.pdf
pp.11-12

⁶ Ernesto Perea, "Autorizar experimentos transgénicos a transnacionales hace a México más dependiente: Cibogem." *Imágen Agropecuaria*, núm. 239, 13 de febrero 2011, p.2.

http://imagenagropecuaria.com/revista/wp-content/uploads/2012/03/Bolet%C3%ADn_239.pdf

⁷ Maureen McKelvey, et al., "The economic dynamics of modern biotechnology", UK, Edward Elgar Publishing, 2004, p. 6.

entre los sectores académico, empresarial y gubernamental.⁸ Los elementos constitutivos de estas redes se describen con mayor detalle en el siguiente capítulo.

La biotecnología es una herramienta emergente marcada por un grado de incertidumbre muy alto. Esta tecnología es verdaderamente multidisciplinar: incluye tales ciencias y disciplinas como biología, bioquímica, genética, virología, agronomía, ingeniería, física, química, farmacología, medicina, veterinaria, etc.⁹ Resulta importante entender que cuando los múltiples tipos de conocimiento convergen para atender una diversidad de fenómenos, resulta necesaria colaboración en varios niveles: tanto entre disciplinas científicas como entre los sectores académico y empresarial.¹⁰ Sólo en este marco de colaboración horizontal y vertical la biotecnología puede ser de utilidad para la sociedad, el gobierno, la industria.

Asimismo, en la literatura sobre las dinámicas de la biotecnología moderna se establece que las ventajas competitivas de algunas regiones y países en el campo de biotecnología consisten en una alta concentración y densidad de las relaciones de la red.¹¹ En contraste, se ha observado que en los países donde la industria biotecnológica aún está en el estado de desarrollo incipiente, los sistemas de innovación son fragmentadas: se caracterizan por una fuerte dotación de conocimientos y de elementos de infraestructura de la innovación (es decir, universidades, centros de investigación, laboratorios), pero sufren de una falta de redes locales y regionales, colaboración y transferencia de conocimientos.

⁸ Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology" UK, Cambridge University Press, 2009, pp. 2-3.

⁹ Biotecnología y Biomedicina. Informe Sectorial 2013. Barcelona Treball y Biocat. Consultado en http://www.biocat.cat/sites/default/files/Informe_tendencias_ocupacio_2013_es.pdf

¹⁰ Marcela Amaro Rosales, Eduardo Robles Belmont, 2013. Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana. *Entreciencias* 1(2), pp. 183-195, diciembre 2013.

¹¹ McKelvey, et al, "The economic dynamics of modern biotechnology" p.50.

Existen claros ejemplos de cómo algunas regiones han aprovechado las redes de colaboración en biotecnología bien consolidadas. Silicon Valley ha desarrollado fuertes redes que vinculan a los científicos, directivos y empresarios en el área de biotecnología.¹² Estas redes sociales fueron apoyadas por muy altas tasas de movilidad laboral entre las empresas locales y el sector académico, y sostenidas por la existencia de normas que legitiman el contacto frecuente entre los científicos, ingenieros y administradores que trabajan en las empresas de la región.

Por lo tanto, las redes de colaboración forman la columna vertebral de un mercado de ideas que funciona exitosamente, lo que crea dos ventajas específicas para las empresas de alta tecnología.¹³ En primer lugar, las redes que enlazan a científicos e ingenieros pueden incrementar la capacidad innovadora de las empresas a través de la creación de una ventaja de información, permitiendo a las empresas reaccionar más rápidamente a los cambios tecnológicos en las industrias volátiles como es la biotecnológica. En segundo lugar, el arraigo de una empresa en la región con alta movilidad en el mercado laboral aumenta la flexibilidad de capital humano lo que permite reaccionar ante los cambios del mercado y de la tecnología. De esta manera se disminuye el riesgo para los científicos talentosos que contemplan carreras en el sector de alta tecnología: si un start-up biotecnológico fracasa, las normas de alta movilidad laboral permitirán a los científicos colocarse en otras instituciones.

¹² Anna Lee Saxenian. Regional Advantage: Culture and Competition in Silicone Valley and Route 128. *Cityscape: a journal of policy development and research*, vol. 2, num. 2, may 1996, p. 45.

¹³ *Ibid.*, p.47.

El entorno en que se lleva a cabo el trabajo científico relacionado a la biotecnología tiene sus particularidades en comparación con otras áreas de ciencia y tecnología. En general, las industrias biotecnológicas, como es la biomedicina, se caracterizan por lo siguiente¹⁴:

- inherentemente altos riesgos asociados al desarrollo de las tecnologías disruptivas;
- muy largos periodos de desarrollo de productos y procesos;
- la necesidad de inversiones muy intensivas;
- la necesidad del personal altamente calificado;
- las regulaciones de bioseguridad con altos costos de cumplimiento;
- los ciclos de vida de los productos y procesos biotecnológicos que se hacen cada vez más cortos;
- la necesidad de contener los costos para el sector de salud.

La complejidad y ambigüedad del conocimiento fundamental en biotecnología resulta en que los insumos para la generación de productos y aplicaciones finales se distribuyen dentro de las fronteras de distintas organizaciones y no bajo una sola estructura organizativa.¹⁵

El ámbito de biotecnología se caracteriza por una base científica amplia, dispersa y en algún sentido poco sólida.¹⁶ En otras palabras, esta área de conocimiento es tan compleja y aún poco explorada, que los avances significativos en la investigación sólo son posibles cuando se llevan a cabo entre varios individuos y organizaciones, y no a través de esfuerzos individuales

¹⁴ OECD, "Innovation in Pharmaceutical Biotechnology. Comparing national innovation systems at the sectoral level." OECD Publishing, 2006, pp. 25-31.

¹⁵ McKelvey, et al, "The economic dynamics of modern biotechnology" p. 7.

¹⁶ Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology", p. 3

(como sí puede suceder, al menos aparentemente, en otras áreas del conocimiento¹⁷). Por lo tanto, las redes de colaboración entre varios actores en la industria biotecnológica son indispensables para la generación de productos y servicios finales.¹⁸

Powell, et al. sostienen que los avances en la investigación biotecnológica exigen una serie de habilidades intelectuales y científicas que superan con creces las capacidades individuales de cualquiera organización.¹⁹ Distintos estudios de caso muestran que una gran diversidad en los tipos de organizaciones que participan en los descubrimientos biotecnológicos suele ser una característica que no necesariamente se observa en redes de colaboración en otros sectores.²⁰ Por lo tanto, el tema general del presente trabajo de investigación se dirige hacia las redes de colaboración ciencia – industria en biotecnología, y el aspecto que se problematiza son los elementos estructurales que determinan la dinámica de este tipo de redes.

El diagnóstico de Amaro y Robles sobre el desarrollo de las redes de colaboración en la biotecnología mexicana evidencia que tanto el número de investigadores registrados en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), como el número de publicaciones relacionadas con la biotecnología manifiestan una tendencia al alza, lo que muestra una evolución positiva en la

¹⁷ De acuerdo con los datos del INEGI para los años 2010-2011, 70.9% de empresas que introdujeron al mercado productos nuevos o significativamente mejorados lo hicieron sin ningún tipo de colaboración, y 53.8% de las empresas que introdujeron al mercado procesos nuevos o significativamente mejorados lo hicieron sin ningún tipo de colaboración. Véase Boletín de Prensa núm 485/13 de 14/11/2013, México, Aguascalientes.

¹⁸ Maureen McKelvey, et al., "The economic dynamics of modern biotechnology", p.167-168.

¹⁹ Walter W. Powell, et al., Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 41, No. 1, mar. 1996, p. 118.

²⁰ A este respecto, los autores citan varios ejemplos tales como el desarrollo de un modelo animal para el estudio de la enfermedad de Alzheimer que se llevó a cabo por 34 científicos afiliados con 2 empresas biotecnológicas, una empresa farmacéutica, una universidad, un laboratorio público y un centro de investigación. Del mismo modo, una publicación que explora un gen posiblemente responsable por el cáncer de mama y de ovarios fue escrita por 45 coautores provenientes de una empresa biotecnológica, una escuela médica estadounidense, una escuela médica canadiense, una empresa establecida farmacéutica y un laboratorio público de investigación.

acumulación de conocimiento biotecnológico en México.²¹ En términos de las colaboraciones con el extranjero representadas por las publicaciones de científicos mexicanos en coautoría con científicos extranjeros, se nota que México mantiene muy estrechas relaciones de colaboración con países de la frontera de conocimiento (Estados Unidos, Francia, España, Canadá, Inglaterra y Alemania). Esto señala la alta calidad de investigación que se realiza en el país y la importancia de los temas que se abordan en el nivel mundial. El mayor número de publicaciones indizadas pertenece a las áreas de la farmacéutica y medicina animal y humana (virología, neurociencias, oncología, parasitología, genética y herencia, inmunología, enfermedades infecciosas, reumatología).

Por el otro lado, los autores encuentran que, a diferencia de la colaboración entre universidades o centros de investigación, la colaboración universidad-empresa está en una fase primigenia o concentrada en actividades de baja complejidad. Existen pocos casos de éxito de este tipo de colaboración que se presentan a continuación, con el fin de ejemplificar la vinculación entre academia e industria de cual se trata en este trabajo de investigación.

Primero, se destaca el caso de la empresa mexicana Instituto Bioclon S.A. de C.V. que junto con el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desarrolló el concepto de “faboterápicos” que son antivenenos de alta seguridad y eficacia.²² La empresa logró situarse en el mercado de los Estados Unidos obteniendo permisos de comercialización por parte de *Food and Drug Administration (FDA)* para varios de sus productos.

²¹ Marcela Amaro Rosales, Eduardo Robles Belmont, Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana. *Entreciencias* 1(2), pp. 183-195, diciembre 2013.

²² *Ibidem*.

La segunda empresa que destacan los autores es Investigación Aplicada S.A. de C.V. que desarrolla tratamientos para muchas enfermedades en el sector pecuario. La empresa mantiene vínculos de colaboración con el Centro de Investigaciones en Biotecnología Aplicada (CIBA-Tlaxcala), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) - Ciudad de México, algunos investigadores de la Universidad de Illinois y del Departamento de Agricultura de EE.UU.²³

Otro caso muy citado es el de la empresa Probiomed, S.A. de C.V. que produce medicamentos de alta tecnología con técnicas del ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante. La empresa mantiene vínculos estrechos con la UNAM, la Universidad Autónoma de Morelos, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma de Nuevo León, entre otros centros de investigación.²⁴

También la experiencia de Laboratorios Silanes, S.A. de C.V. es destacada en cuanto ejemplo de una empresa farmacéutica mexicana que tiene estrechos vínculos con varias instituciones de educación superior y centros de investigación tales como el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET). Laboratorios Silanes tiene convenios con el sector académico entre otros para desarrollar fármacos útiles para tratamiento de

²³ Ibidem.

²⁴ Congreso Nacional de Vinculación para la Competitividad. Oportunidades de investigación, desarrollo y vinculación. Querétaro, 27 de mayo 2003.
http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/vinculacion/prentacionespdf/9quimicaybiotecnologia/roblesprobiomed.pdf

enfermedades como la diabetes, la artritis, la tuberculosis, el cáncer de mama, el envenenamiento por picadura de alacrán y las intoxicaciones por drogas.²⁵

Amaro y Robles exponen que los obstáculos comunes que impiden el establecimiento de los vínculos de colaboración se derivan de las dificultades para establecer líneas de investigación conjuntas; problemas burocráticos en cuanto a los tiempos de realización de las investigaciones y las entregas; problemas referentes a la propiedad intelectual; problemas de comunicación entre los agentes y problemas de difusión de las investigaciones que realiza el sector académico. Los autores llegan a la conclusión de que en México aún no existen los mecanismos adecuados de información y transmisión de los desarrollos biotecnológicos. En particular, dicen los autores, hacen falta agentes que funcionen de interfaz y traduzcan las necesidades entre los ámbitos empresarial y académico.

El problema de los lazos débiles de vinculación entre las estructuras de generación y transmisión de conocimiento en México ha sido discutido ampliamente. El Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) ha sostenido que el país carece de políticas públicas que fomenten la relación universidad – empresa para que los desarrollos tecnológicos sean absorbidos por el sector productivo y para que los egresados de la educación superior sean involucrados a las actividades que crean alto valor agregado.²⁶ Esta situación puede ser todavía más aguda para el desarrollo y uso de biotecnología en varios sectores por las propias características de alta complejidad e incertidumbre asociadas a esta tecnología.

²⁵ Norma Herrera, Diana Venegas, Alianza CICESE Silanes, para la obtención de innovadores fármacos. TODOs@CICESE. <http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=breviario&ejemplar=129&id=1708>

²⁶ Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Proyecto: bases para una política de estado en ciencia, tecnología e innovación en México. Versión para comentarios, México, mayo 2006, p.50
http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/bases.pdf

Ahora bien, el gobierno federal tiene el mandato directo en el fomento de la ciencia y tecnología en México. El desarrollo científico, tecnológico y la innovación son reconocidos como pilares del progreso económico y social sustentable (Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018). Se declara que las innovaciones tecnológicas son cruciales para el crecimiento económico y la elevación del nivel de la vida de la población mexicana.²⁷ Desde la perspectiva del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la innovación ya no es una opción para México, sino una obligación para asegurar el desarrollo sustentable del país.²⁸

El gobierno mexicano asume su rol del promotor de ciencia, tecnología e innovación a través de varios programas sectoriales. El CONACYT es el organismo gubernamental responsable de elaborar estrategia del desarrollo de ciencia y tecnología que desde hace varios años se enfoca en la vinculación entre los sectores privado, académico y gubernamental.²⁹ Se asume que la articulación y la vinculación entre los sectores académico e industrial contribuirán, específicamente, al desarrollo competitivo de biotecnología en el nivel internacional.³⁰

Tradicionalmente, la crítica consiste en que México como país con economía de las más grandes del mundo invierte sólo una pequeña fracción de sus recursos a las actividades

²⁷ Ibid., p. 26.

²⁸ Miguel O. Chávez Lomelí, 2013. FCCYT. Grupo de Evaluación. Programa de Estímulos a la Innovación. Presentación 16 de abril de 2013. CONACYT.
http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/grupo_trabajo/grupo_de_evaluacion/3/segunda_sesion/miguel_chavez_director_innovacion.pdf

²⁹ Carlos Arias Ortíz, et al., "Biotecnología moderna para el desarrollo de México", México, D.F., Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2001, p.69.

³⁰ Francisco G. Bolívar Zapata, compilador y editor; [autores] Carlos F. Arias Ortiz... et al., "Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna", 2ª ed., México, El Colegio Nacional, 2007, p. 621.

científicas y tecnológicas (en el año 2012, 0.43%, según los datos del PECiTI³¹). Recientemente el gobierno anunció el objetivo de alcanzar el nivel de inversión equivalente al 1% del PIB nacional.³² Sin embargo, sólo el aumento de financiamiento puede tener impacto limitado sobre el potencial innovador del país, ya que tiene que ser complementado por las acciones dirigidas a lograr mayor coordinación entre la iniciativa pública y privada, incremento de las inversiones del sector empresarial y del capital de riesgo, así como con la institucionalización y fomento de las relaciones entre el sector académico y el sistema productivo nacional.³³

Dicho de otra manera, la diversidad y complejidad de las relaciones en los sectores que utilizan biotecnológica implica que la política pública puede contemplar una amplia gama de acciones que se extienden más allá de la provisión de financiamiento.³⁴ Las medidas concretas pueden incluir la adaptación de la normatividad en el área de bioseguridad a las necesidades de investigación nacional, la organización de los *clusters* tecnológicos, la divulgación de ciencia y tecnología, el establecimiento de las reglas institucionales que fomenten la interacción de los académicos y los empresarios, entre otras.

En lo que se refiere a las redes de colaboración y a la evolución de las tecnologías y los mercados de las ciencias de la vida, las políticas gubernamentales los afectan a través de tales mecanismos como el financiamiento de I+D, las políticas de acceso e intercambio de los datos, estipulaciones de subsidios, financiamiento de la infraestructura y proyectos, la creación de consorcios o asociaciones publico-privadas, las políticas de competencia y las

³¹ Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018, p. 19
http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/images/PECiTI-2014_2018.pdf

³² *Ibid.*, p.6.

³³ Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Proyecto: bases para una política de estado en ciencia, tecnología e innovación en México. Versión para comentarios, México, mayo 2006, p.20
http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/bases.pdf

³⁴ Maureen McKelvey, et al., "The economic dynamics of modern biotechnology", p.64.

políticas de privacidad y seguridad.³⁵ El análisis de estas redes requiere de la identificación de los factores críticos que determinan sus posibilidades de éxito o fracaso: los incentivos que impulsan su creación, las condiciones de participación en las mismas y la vigilancia de su eficacia con el fin de entender qué es lo que hace este tipo de arreglos institucionales exitosos y sostenibles en el largo plazo.

Dado lo anterior, resulta pertinente estudiar los elementos organizacionales que afectan los resultados que los instrumentos de la política pública de CTI en México buscan. Esto para vincular dichos instrumentos de política pública con su posibilidad de impactar positivamente en un campo, la biotecnología, que se mueve a través de redes de colaboración. Dicho de otra manera, si la política pública de CTI es capaz por tanto de impulsar a este campo, con sus especificidades propias, con el fin de incrementar su desarrollo en la generación de productos y servicios biotecnológicos exitosos. En este sentido se hace necesario responder a las siguientes preguntas: ¿Cómo los elementos organizacionales influyen en que las empresas se integren en la cadena de innovación?, ¿qué incentivos y obstáculos encuentran las universidades y los centros públicos de investigación en el proceso de desarrollo de productos y servicios biotecnológicos en el contexto de las redes de colaboración?, ¿a qué resultados llevan los instrumentos de política pública en términos del fomento a la actividad científico-empresarial?

El argumento principal que estructura esta investigación es el siguiente: el Estado asume el rol del promotor de desarrollo tecnológico del país a través de varios instrumentos de política pública de CTI que tiene a su disponibilidad. Recientemente, el Estado mexicano ha escogido una estrategia para fomentar la biotecnología que consiste en la creación y

³⁵ OECD , Knowledge Networks and Markets in the Life Sciences, OECD Publishing, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264168596-en>

consolidación de las redes de colaboración entre ciencia e industria. La consolidación de las redes de colaboración es la premisa fundamental para el desarrollo efectivo de la biotecnología, en particular, en lo que se refiere al procedimiento de los proyectos de ciencia básica a las etapas de aplicación práctica de los productos y servicios finales.³⁶ Las redes constituyen el punto intermedio en la cadena lógica del argumento principal: por un lado, las redes impulsan el desarrollo de biotecnología en el país; por el otro lado, el Estado influye en la consolidación de las redes a través de varios instrumentos que tiene a su disponibilidad.

1.3 Preguntas e hipótesis de investigación

Dado el razonamiento anterior, el objetivo principal de la investigación sería establecer cómo la política pública de fomento de ciencia, tecnología e innovación busca explícita- o implícitamente impactar en las redes de colaboración que se establecieron o se puedan establecer entre los sectores académico, industrial y gubernamental en el área de biotecnología en México. La pregunta específica que guía esta tesina es ¿cómo la política de fomento de ciencia, tecnología e innovación incide en la consolidación de las redes de colaboración que son cruciales para el desarrollo de biotecnología en México? ¿Qué obstáculos e incentivos que emanan de los programas del CONACYT existen para la consolidación efectiva de las redes de colaboración en el sector biotecnológico? ¿Qué acciones serían necesarias para la generación de un entorno favorable para el establecimiento de las redes de colaboración?

A la pregunta que estructura este trabajo (¿cómo la política pública de ciencia, tecnología e innovación incide en la consolidación de las redes de colaboración en el ámbito de biotecnología en México?), esta investigación plantea como hipótesis que los principales

³⁶ Maureen McKelvey, et al., "The economic dynamics of modern biotechnology", p.50.

instrumentos de la política de ciencia, tecnología e innovación no están orientados específicamente a favorecer la consolidación de las redes de colaboración en biotecnología en México. Estos instrumentos están diseñados y pensados para, de manera genérica, promover la vinculación entre el sector empresarial y académico en una gama amplia de industrias y sectores. Sin embargo, el sector biotecnológico tiene sus particularidades que hacen las medidas genéricas insuficientes para el desarrollo de las redes en este sector.

De acuerdo con la literatura, para la consolidación efectiva de las redes de colaboración en biotecnología son cruciales los siguientes elementos organizacionales: los agentes intermediarios capacitados en el área de transferencia tecnológica con visión de largo plazo que busquen encontrar puntos comunes entre los intereses del sector empresarial y académico y no sólo defender los intereses de uno de estos sectores; la confianza entre los representantes de ambos sectores; el conocimiento de la demanda del mercado y oportunidades del negocio; el financiamiento de largo plazo y con visión integral de los proyectos.³⁷ Los instrumentos de la política de ciencia, tecnología e innovación actualmente carecen de estos elementos organizacionales, por lo tanto, no pueden favorecer la consolidación de las redes de colaboración. Debido a la ausencia de estos elementos surgen las barreras que no permiten transferir la tecnología entre los sectores académico y empresarial en biotecnología (la escasez del personal especializado para el apoyo en los procesos de la vinculación y la transferencia tecnológica; la complejidad administrativa en los centros públicos de investigación y las universidades; la falta de la demanda por parte del sector empresarial por el *know-how*). Las políticas públicas tienen un rol decisivo en la reducción de estos obstáculos y en el diseño de la normatividad acorde a las necesidades de

³⁷ Véase Valeria Arza, Mariela Carattoli, El desarrollo de la biotecnología y las vinculaciones público-privadas, una discusión de la literatura orientada al caso argentino, 2012. http://stepsamericalatina.com/wp-content/uploads/sites/21/2014/12/RE_ARZA_Carattoli_2012.pdf

los actores con potencial de innovación en biotecnología.³⁸ Como conclusión se propone generar un instrumento de apoyo específico al sector de biotecnología en vez de los programas genéricos del CONACYT. La justificación de la creación de una modalidad específica para el sector de biotecnología viene de su impacto e importancia para el desarrollo de las redes de colaboración.

La consolidación de redes de aprendizaje desde la perspectiva de las políticas públicas requiere de un enfoque que permita trascender el marco de políticas comerciales e industriales tradicionales. En particular, se destacan cuatro grandes rubros de políticas públicas para el área de biotecnología: 1) las oportunidades científicas y tecnológicas de absorber las tecnologías existentes y generar nuevas; 2) las capacidades tecnológicas y el ritmo al cual aprenden las empresas; 3) las señales económicas que enfrentan las empresas; 4) los arreglos institucionales que aseguren la complementariedad entre la adopción de tecnologías y la demanda social.³⁹ Para el caso de México resulta necesario comprender el conjunto de instituciones y políticas que moldean las estrategias de las empresas y el proceso de aprendizaje institucional que se caracteriza por conflictos entre las distintas fuerzas sociales involucradas en el sector.

1.4 Metodología

En este apartado se detalla la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación. Para el presente trabajo se realizaron 17 entrevistas semi-estructuradas con las empresas dedicadas a biotecnología, con los centros públicos de investigación y con los actores intermediarios como

³⁸ Federico Stezano Pérez, "Construcción de redes de transferencia ciencia-industria en el sector de biotecnología en México. Estudio de caso sobre vinculaciones tecnológicas entre investigadores de CINVESTAV Irapuato y LANGEBIO y empresas del sector agro-biotecnológico". *Estudios Sociales*, vol. 20, núm 39, enero-junio 2012, p. 32.

³⁹ Graciela E. Gutman, Pablo J. Lavarello, "Biotecnología Industrial en Argentina. Estrategias empresariales frente al nuevo paradigma", Buenos Aires: Gran Aldea Editores – GAE, 2014, p.81.

las asociaciones de empresas, oficinas de transferencia tecnológica y *clusters* tecnológicos. La lista completa de las instituciones y empresas entrevistadas se puede consultar en el Anexo 1. El propósito del trabajo de campo fue contextualizar la trayectoria que estos actores han experimentado respecto al establecimiento de las redes de colaboración. Se documentó la experiencia de estos actores para mostrar cómo surge el proceso de circulación de conocimiento tácito en el área de biotecnología en varias regiones del país y cómo las políticas públicas facilitan u obstaculizan este proceso.

La muestra de las redes de colaboración en biotecnología se identificó por el método de casos diversos propuesto por Seawright y Gerring.⁴⁰ Las dos dimensiones que se midieron para los fines del estudio son el grado de consolidación de la red (variable dependiente) y la presencia del apoyo de los programas públicos del CONACYT y Secretaría de Economía (variable independiente). El grado de consolidación de la red se operacionalizó por la complejidad de los vínculos que se establecieron entre los actores participantes, la presencia de varios tipos de actores relevantes para la industria biotecnológica y la estabilidad de las interrelaciones en estas redes. La muestra seleccionada puede ser considerada como representativa en el sentido de que ilumina el rango completo de variación de las variables dependiente e independiente (desde las redes poco consolidadas hasta las redes bien consolidadas, desde las redes que cuentan con apoyo sistemático de los programas públicos hasta las redes que no cuentan con este tipo de apoyo). Sin embargo, existe una limitante de este tipo de muestreo: falta referencia a la distribución de la variación en todo el universo de los casos. La mayoría de los casos de la población pueden encontrarse en un intervalo

⁴⁰ Seawright, Gerring, "Case Selection Techniques in Case Study Research. A Menu of Qualitative and Quantitative Options", pp. 294-308.

específico de esta variación, por ejemplo, las redes poco consolidadas o las redes que cuentan con el apoyo de un programa público específico.

Se planteó explorar el estado actual de algunas de las redes de colaboración que se establecieron en el país y analizarlas en su naturaleza para comprender lo que las hace fuertes y consolidadas o no. Cabe mencionar que no se han utilizado instrumentos de medición tradicionales para caracterizar estas redes como la densidad, el grado de centralidad, centralización, etc. porque potencialmente estos instrumentos acaben siendo limitados dada la naturaleza dinámica y cambiante de estas redes.

El estado de consolidación de las redes se propone medir a través del grado de complejidad de los lazos que se establecen entre los actores y la etapa de investigación a la que llegan los proyectos en biotecnología (si los proyectos se quedan en las etapas de ciencia básica o pasan a las etapas de ciencia aplicada). La aplicación de los resultados de la investigación en la generación de los productos y productos innovadores señala el desarrollo dinámico y sustentable de la biotecnología en el país, y que las redes de colaboración se consolidan eficazmente para impulsar la comercialización de los productos y no únicamente para la generación de nuevo conocimiento.⁴¹

Antes de iniciar el trabajo de campo, se llevó a cabo una revisión exhaustiva a través de las fuentes secundarias (internet, periódicos, libros, bases de datos del CONACYT) sobre las instituciones, empresas y asociaciones que funcionan en la rama de biotecnología en el país. Se detectaron las principales regiones donde está presente el sector de biotecnología: Baja California, Nuevo León, Morelos, Guanajuato, Jalisco y Distrito Federal. Entre ellos se seleccionaron por la visibilidad que los actores en biotecnología adquieren los estados de Baja

⁴¹ Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology", pp. 24-27.

California, Morelos, Guanajuato y Distrito Federal. Esta visibilidad se debe a la presencia de los centros de investigación y universidades más prominentes en biotecnología del país: CICESE y Universidad Autónoma de Baja California (UABC) en Baja California, Instituto de Biotecnología de la UNAM en Morelos, CINVESTAV-Irapuato, Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (LANGEBIO) e IPN en Guanajuato, y las sedes matriz de la UNAM e IPN en el D.F.

El objetivo del trabajo del campo fue entrevistar la mayor cantidad posible de los actores relevantes para las redes de colaboración en biotecnología. Para la selección de las instituciones de educación superior y las empresas se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

1. La relación de sus actividades con biotecnología y ciencias de la vida;
2. La participación en los proyectos conjuntos entre academia y empresa;
3. La participación en los programas del CONACYT de apoyo al desarrollo tecnológico e innovación.

Para llevar a cabo la selección de las empresas dedicadas a biotecnología se adoptó la siguiente definición: una empresa de biotecnología es aquella que utiliza organismos vivos, sus partes o técnicas biológicas para la producción de bienes, servicios o tecnologías.⁴² Los productos finales de las empresas incluían nanopartículas para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, oligonucleótidos como insumos para investigación, etc.

La recolección de los datos en instituciones de educación superior, centros de investigación y empresas se realizó mediante entrevistas a profundidad, que por la naturaleza

⁴² Inventario de Capacidades Públicas y Privadas en Biotecnología. Reporte de Campo. Tijuana, Tecate, Ensenada, Mexicali. BioBaja, Cluster de Bioeconomía de Baja California, 2014.

del sector (agendas apretadas, tiempo limitado, disponibilidad escasa), se abordaron de manera individual. Para reclutar a los empresarios, investigadores, etc. a hacer las entrevistas se utilizó tanto el método de *bola de nieve* (las recomendaciones por otros representantes del sector), como por la selección al azar de las empresas que salieron en el padrón de los beneficiarios de los programas de desarrollo tecnológico e innovación del CONACYT. En lo que se refiere a los centros de investigación, se escogieron los más prominentes en el área dado que no son muchos en todo el país. Las entrevistas tuvieron una duración de aproximadamente 90 minutos y de igual manera fueron grabadas para su análisis posterior.

El diseño de investigación seleccionado para el presente trabajo es el estudio de caso. En particular, se plantea estudiar a profundidad los casos de las redes de colaboración que se establecieron en industrias específicas que utilizan la biotecnología extensamente (en particular, biomedicina y biofarmacéutica) y entrevistar a los actores que pertenecen a los tres sectores representados en estas redes (académico, empresarial y intermediario).

Las fortalezas del estudio de caso consisten en su potencialidad para generar hipótesis, su robustez contra los problemas de validez interna, su potencialidad para encontrar los mecanismos causales, la profundidad, su adecuación para la población de los casos heterogéneos con las relaciones causales fuertes, con variación espacial y temporal rara, y con datos concentrados.⁴³ La elección de este método se debe a que el objeto de investigación es una política pública específica (la política de fomento de ciencia, tecnología e innovación en México) que directamente e indirectamente influye en el desarrollo de un fenómeno particular (establecimiento de las redes de colaboración en la rama de biotecnología). En particular, la estrategia de investigación presupone establecer una hipótesis a partir de la evidencia

⁴³ John Gerring. "Case Study Research: Principles and Practices". USA: Cambridge University Press, 2007, pp. 37-63.

empírica proveniente de un cierto número de casos con características parecidas, y, de tal manera, responder la pregunta central de la investigación: ¿cómo incide la política pública en México en la formación de las redes de colaboración en el sector de biotecnología?

El resultado que se espera obtener de la investigación es el establecimiento de un mecanismo causal sobre la incidencia de las políticas públicas en el desarrollo del potencial biotecnológico de México. Las variables de interés serán los elementos organizacionales de la política pública de ciencia, tecnología e innovación que afectan el entorno en que se establecen los lazos entre los sectores productivo y académico y su incidencia en el desarrollo de biotecnología en el país. El análisis se enfocará en los incentivos y los obstáculos institucionales que se crean en el marco de esta política pública.

Los casos de las redes estudiados tienen un cierto número de similitudes y diferencias. Primero, se agrupan los casos de las redes que no reciben el apoyo de los programas del CONACYT y las que sí lo reciben. Por lo tanto, la variable de interés es la participación en los programas de fomento a desarrollo tecnológico e innovación. La variable dependiente es el grado de consolidación de la red medido en términos de la estabilidad de los vínculos, continuidad de los proyectos, generación de los productos y servicios comercializables, crecimiento de la red. Básicamente, se pretende comparar las redes que se establecieron con el apoyo de los programas del CONACYT y las que se establecieron sin contar con este apoyo. Para que la comparación fuera significativa, en el capítulo sobre el marco teórico se delinearán las características que tienen que ser presentes en las redes para que estas puedan considerarse comparables.

Capítulo 2. Marco teórico del análisis de las redes de colaboración ciencia – industria

El objetivo del presente capítulo es conceptualizar el objeto de estudio del presente trabajo, que son las redes de colaboración en el área de biotecnología, explicar sus dinámicas y destacar los elementos organizacionales que son cruciales para establecimiento de estas redes y asociarlos a los instrumentos de política pública de CTI.

2.1 La colaboración como estrategia esencial para la investigación en biotecnología y sus aplicaciones prácticas.

La colaboración entre industria y academia es un componente crítico para un sistema nacional de innovación eficiente.⁴⁴ Los beneficios de colaboración son numerosos y bien estudiados: apoyo en la coordinación de las agendas de investigación y evitación de su duplicación, estímulos para la inversión privada en investigación y desarrollo (I+D), y explotación de sinergias y complementariedades de las capacidades científicas y tecnológicas.⁴⁵ La colaboración entre academia e industria, en teoría, fortalece la relevancia de la investigación que se lleva a cabo en las instituciones públicas, promueve la comercialización de los resultados de I+D e incrementa la movilidad de la fuerza laboral entre los sectores público y privado.

La colaboración de una manera genérica puede ser definida como una serie de acciones conjuntas que involucra a dos o más agentes (individuos u organizaciones) para

⁴⁴ Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018, p. 32
http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/images/PECITI-2014_2018.pdf

⁴⁵ Andreas Pyka, Paolo Saviotti (2001). Innovation Networks in the Biotechnology-Based Sectors. University of Augsburg, Université Pieres Mendés France, p.3. Consultado en <http://www.wiwi.uni-augsburg.de/vwl/institut/paper/205.pdf>

lograr una meta o fin común.⁴⁶ La definición más elaborada que proveen Thomson, Perry y Miller establece que la colaboración es un proceso en que los actores autónomos o semi-autónomos interactúan a través de la negociación formal e informal, creando de manera conjunta las reglas y estructuras que gobiernan sus relaciones y sus formas de actuar o decidir sobre los temas que los reúnen; es un proceso que involucra reglas compartidas e interacciones mutuamente beneficiosas.⁴⁷ Esta definición muestra que el concepto de colaboración es multidimensional y complejo, y que para utilizarlo de manera significativa es necesario reconocer sus aspectos principales: su estructura y manejo, sus normas y reciprocidad y la autonomía organizacional.

De aquí surge que existe una gran variedad de los tipos de colaboración entre academia e industria que reflejan diferentes objetivos, alcances y estructuras organizacionales de los actores. Los lazos colaborativos pueden ser más o menos fuertes, y pueden enfocarse en distintas actividades. La colaboración puede ser formal o informal, desde tales formas como las asociaciones formales y empresas conjuntas, contratos y proyectos de investigación, licenciamiento de patentes hasta la movilidad del capital humano, publicaciones e interacciones en conferencias y grupos de expertos, etc.

2.2 Las redes de colaboración como arreglos para circulación de conocimiento en los sectores basados en la biotecnología.

El concepto de las redes de colaboración ha sido elaborado en la literatura académica extensamente. No es de extrañar que existe un número infinito de definiciones de este

⁴⁶ Marcela Amaro Rosales, Eduardo Robles Belmont, 2013. Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana. *Entreciencias* 1(2), pp. 183-195, diciembre 2013.

⁴⁷ Ann Marie Thomson, James L. Perry, Theodore K. Miller (2007). Conceptualizing and Measuring Collaboration. *Journal of Public Administration Research and Theory Advance Access*. December 1, 2007, p. 3.

concepto. Una definición más abstracta y genérica puede ser la siguiente: una red de colaboración es un conjunto de individuos y/o entidades organizacionales que intercambian capacidades y recursos necesarios para alcanzar un resultado (*outcome*) específico.⁴⁸ Generalmente, una red de colaboración consiste en nodos o puntos (los actores tales como los individuos y/o organizaciones) que están conectados entre sí por enlaces.⁴⁹ La estructura de la red, por lo tanto, consiste de los nodos, los lazos que conectan los nodos y los patrones de las relaciones que se derivan de estas conexiones.⁵⁰ En la literatura sobre la generación de conocimiento en la rama de biotecnología, el concepto de las redes de colaboración se complementa con el término “aprendizaje” que enfatiza que el conocimiento es el recurso principal para las organizaciones en esta industria.⁵¹

En lo que se refiere al conocimiento como recurso principal que circula en las redes de colaboración, se puede distinguir entre el conocimiento que se expresa mediante formas simbólicas de representación (explícito o codificado) y el conocimiento tácito.⁵² El conocimiento tácito se transmite a través de la demostración y práctica; por lo tanto, sólo se adquiere a través de la experiencia. Lo importante es que este tipo de conocimiento sólo se

⁴⁸ Shuman, J., Twombly, J. (2008) Collaborative Network Management. An Emerging Role for Alliance Management. Vol. 6 in White Paper Series. Collaborative Business. *The Rhythm of Business*. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde http://www.healthtech.com/uploadedFiles/Conferences/White_Papers/ams/Collaborative_Network_Management.pdf

⁴⁹ Hamidreza Eslami, Effect of collaboration network structure on knowledge and innovation productivity: the case of biotechnology in Canada. Canada: Concordia University, December 2011, p. 3.

⁵⁰ Walter W. Powell, et al., “Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology”, p.119.

⁵¹ Oliver, A., “Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology”, pp. 2-3.

⁵² Rebeca de Gortari Rabiela, 2012. La circulación del conocimiento en una región industrial: el ejemplo de la industria metal mecánica en Querétaro, México. *Espacialidades*. UNAM. pp. 4-21. 10 de septiembre de 2012, p. 8.

comparte efectivamente entre las personas que pertenecen a un mismo contexto social de formación, valores y lenguaje.⁵³

En el área de biotecnología se observa la dominación del conocimiento tácito sobre cualquier otro tipo de recurso. Dado la muy alta complejidad de conocimiento, sólo los individuos con especialidad muy estrecha en áreas particulares tales como la biología, física, química, etc. tienen capacidad para adquirir y transferir el conocimiento tácito. La existencia del lenguaje, códigos comunes de comunicación, normas compartidas, conocimiento personal, permiten la mutua comprensión y la construcción de confianza. La confianza es sumamente importante para la consolidación de las redes de colaboración: ella permite la circulación de conocimiento tácito entre los actores.⁵⁴

En términos generales, las redes de colaboración para los fines del presente estudio se entienden como conjuntos de las empresas biotecnológicas (las que generan productos y servicios biotecnológicos para el mercado), las universidades y los centros de investigación y los agentes intermediarios (consorcios empresariales, agentes de enlace tecnológico, etc.) vinculados entre sí por los lazos formales e informales con el fin de alcanzar un cierto objetivo (generar productos y servicios tangibles). Necesariamente se distingue entre las empresas pequeñas innovadoras dedicadas a biotecnología y las grandes empresas que tienen toda la cadena de producción en su dominio. Al mismo tiempo, se reconoce que la empresa es la forma de organización que juega el papel principal en la exploración y explotación del

⁵³ Ibidem.

⁵⁴ Ibidem.

conocimiento en el campo de la biotecnología, en particular, en la generación de productos y servicios tangibles.⁵⁵

A partir de la definición anterior, se puede derivar los elementos centrales que señalan si uno se encuentra en presencia de una red de colaboración o no. Primero, los lazos entre los nodos en las redes de colaboración se mantienen durante periodos de tiempo prolongados.⁵⁶ No se trata de transacciones aisladas entre los actores, tales como, por ejemplo, la prestación de un equipo para secuenciación del ADN por una universidad a otra. No hay un período máximo o mínimo para la existencia de los vínculos; sin embargo, normalmente, se trata de vínculos que duran entre unos meses hasta unos años.

Por el otro lado, no se trata de meras estructuras tipo *holding* financieras y virtuales que no tengan capacidades tecnológicas propias. Más bien, se trata de las “organizaciones en red” que a partir de aprendizaje común integran las etapas de innovación y producción. Las organizaciones que se interrelacionan de manera activa y, por lo tanto, funcionan juntas de forma continua, en lugar de ser necesariamente integradas en las estructuras formales y jerárquicas que pueden o no servir su propósito.

Un elemento adicional que permite identificar las redes de colaboración es la autonomía organizacional. Los actores en la red de colaboración necesariamente mantienen su identidad, su sistema de gerencia y sus fronteras que los distinguen de los otros actores.⁵⁷ Por lo tanto, las fusiones entre organizaciones no se consideran como establecimiento de una red de colaboración.

⁵⁵ Oliver, A., “Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology” p. 28.

⁵⁶ Maureen McKelvey, et al., “The economic dynamics of modern biotechnology” p. 53.

⁵⁷ Thomson, Perry, Miller, “Conceptualizing and Measuring Collaboration”, p.4.

La otra característica importante es la presencia de un objetivo específico de la colaboración: generación de un producto o proceso biotecnológico tangible. Como ejemplo, en el área de la biotecnología de salud humana se puede distinguir un número significativo de productos o procesos que se generan para el mercado en todo el mundo: los biofármacos, los tratamientos experimentales, los métodos terapéuticos con moléculas pequeñas, los sistemas de diagnóstico.⁵⁸

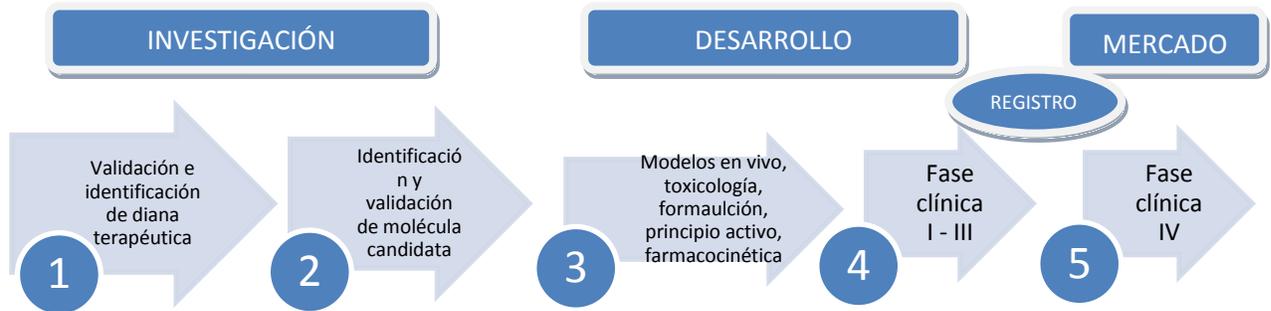
El desarrollo de productos y procesos biotecnológicos pasa por múltiples etapas que normalmente toman varios años para ser terminados y aprobados para la comercialización. La forma organizacional, por lo tanto, debe ser altamente flexible, heterárquica y transitoria. Como son las redes dinámicas de colaboración.⁵⁹

Las redes de colaboración que se establecen en la rama de biotecnología sirven para integrar toda la cadena de valor en la generación de los productos, procesos y servicios hasta su comercialización. Esta cadena varía para cada producto específico pero de una manera generalizada puede ser representada como en el esquema 1.

⁵⁸ Anthony Arundel, David Sawaya, Ioanna Valeanu, "Human Health Biotechnologies to 2015", OECD Journal, General Papers, vol. 2009/3, OECD, 2009, pp. 124-125.

⁵⁹ Amaro, Robles. "Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana", p. 109.

Esquema 1. La cadena de valor en el proceso de desarrollo de biofármacos.



Fuente: Elaboración basada en Biotecnología y Biomedicina. Informe Sectorial 2013. Barcelona Treball y Biocat.

En cada una de estas etapas los diferentes tipos de actores que participan en las redes de colaboración son relevantes. Por ejemplo, el concepto o prototipo de un producto o proceso se desarrolla, por lo general, en los laboratorios de los centros públicos de investigación o universidades. Las empresas dedicadas a biotecnología prueban el concepto y lo adaptan para el uso comercial. Después, el prototipo o la tecnología se transfiere a las grandes empresas establecidas en forma de licencia (exclusiva o no) y estas empresas ya se encargan de desarrollar el producto final para el mercado. La persistencia de las redes de colaboración está relacionada al surgimiento de las tecnologías disruptivas (como ADN recombinante, anticuerpos monoclonales) cuando aparece asimetría de las capacidades de absorción del conocimiento entre las pequeñas empresas dedicadas a biotecnología y las grandes empresas establecidas.⁶⁰ Cuando la tecnología madura, las redes suelen consolidarse y volverse hierarquias. La entrada de nuevos participantes se dificulta y los actores centrales o los que entraron en etapas tempranas obtienen ventajas significativas en el desarrollo del sector.

⁶⁰ Pier Paolo Saviotti, David Catherine. Innovation Networks in Biotechnology. En *Handbook of Bioentrepreneurship*, H. Patzelt, T. Brenner (eds.): Springer Science, 2008, p. 76.

Dado lo anterior, se hace evidente que las redes de colaboración en biotecnología se componen por varios tipos de actores con tareas y capacidades complementarias y traslapadas. En la literatura se delinear los siguientes tipos de actores centrales para la biotecnología en salud humana.

2.2.1 El sector empresarial.

Como se ha mencionado en los apartados anteriores el sector empresarial juega el papel central en la generación de los productos y procesos biotecnológicos comercializables. Este sector es heterogéneo y está representado por *start-ups* tecnológicos, *spin-offs* académicos, empresas pequeñas y medianas dedicadas a la biotecnología y las empresas cuya actividad principal no es biotecnología pero los procesos biotecnológicos se utilizan para la producción de los bienes comercializables, y, finalmente, las grandes empresas establecidas que operan en sectores salud, agroalimentario, energético, etc.

En lo que se refiere a las grandes empresas establecidas, ellas se destacan por su estabilidad, su larga presencia en el mercado, sus capacidades e infraestructura para la investigación, el dominio de los canales de distribución de sus productos y cierto poder sobre el mercado. Al mismo tiempo, estas empresas se caracterizan por su alta inercia que no les permita innovar con tanta rapidez como lo hacen las empresas pequeñas innovadoras.⁶¹ A nivel mundial existe una cantidad significativa de las empresas farmacéuticas establecidas tales como Hoffman LaRoche, Millennium Pharmaceuticals, GlaxoSmithKlein, Merck, Bayer, Astra Zeneca.⁶² Las grandes empresas multinacionales tienen presencia en México

⁶¹ Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology", pp. 35-39.

⁶² Hans-Werner Gottinger, Celia L. Umali, Strategic alliances in global biotech pharma industries. *The Open Business Journal*, 2008, 1, pp. 2-4.

también. Entre ellas son ABBOTT Laboratories de México, Astrazeneca, Bayer de México, Eli Lilly y Compañía de México, Glaxosmithkline México, Novartis Farmacéutica, Merck.⁶³

En lo que se refiere a las empresas innovadoras dedicadas a biotecnología, este tipo de empresas se representa por las *start-ups*, *spin-offs* y micro, pequeños y medianos negocios que se establecen en los sectores relacionados a biotecnología y cuyas actividades principales necesariamente son relacionadas a generación de productos y servicios biotecnológicos. La primera empresa de este tipo – Genentech - se estableció en 1976 en los Estados Unidos. El propósito del establecimiento de esta empresa fue explotar el potencial comercial de los desarrollos en biotecnología.⁶⁴ A partir de la creación de Genentech aparecieron miles de otras empresas innovadoras dedicadas a biotecnología en todo el mundo, principalmente, en los Estados Unidos, Europa y Canadá. A medida que la industria biotecnológica empezó a desarrollarse en la década de los 1980s, se hizo evidente que la gama completa de habilidades requeridas (los desarrollos de ciencia básica y aplicada, los procedimientos de pruebas clínicas, la fabricación, la comercialización y distribución de los productos, y el conocimiento y experiencia en el proceso regulatorio) no podía ser abarcada por organizaciones separadas, de ahí que surge la diversidad de los tipos de vinculación entre los actores en la industria biotecnológica.⁶⁵ Los criterios para la distinción de las empresas dedicadas a biotecnología son su tamaño relativamente pequeño, su alta flexibilidad y la actividad principal que consiste en el desarrollo de los productos y procesos altamente innovadoras.

⁶³ Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica, consultado el 28 de junio de 2015 en http://www.canifarma.org.mx/afiliados_usohumano.html

⁶⁴ Bolívar “Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna”, p. 122.

⁶⁵ Oliver, “Networks for learning and knowledge creation in biotechnology”, pp. 30-31.

Las empresas dedicadas a biotecnología son actores principales que contribuyen a dinamizar el intercambio de conocimientos y acumulación de capacidades.⁶⁶ Se generan procesos de aprendizaje basados en el desarrollo de habilidades y la experiencia proveniente de los científicos, o sea, conocimientos tácitos que sólo se entienden cuando los varios actores tienen una multiplicidad de vínculos y están envueltos en un entorno de cultura común. Las colaboraciones de licenciamiento y venta de patentes a las grandes empresas llevan a consolidación de las redes, en las que los conocimientos técnicos, las destrezas organizativas y relacionales, las normas y rutinas permiten que los conocimientos tácitos se transformen en productos, procesos y servicios de alto valor agregado.⁶⁷

Varios autores sostienen que este tipo de empresas juega el papel clave para la consolidación de las redes de colaboración. En particular, se vinculan de una manera muy estrecha con el sector académico, así como con las grandes empresas establecidas que tienen capacidades para la fabricación de los productos. Las pequeñas empresas innovadoras desarrollan tecnologías de alto valor agregado y, posteriormente, las transfieren a otros actores tales como las grandes empresas farmacéuticas. De esta manera se mantiene un ritmo rápido de innovación, lo que es necesario para la sobrevivencia de los actores en esta industria.⁶⁸

A nivel global, las dinámicas tecnológicas y de mercado en el sector biofarmacéutico y biomédico han sido muy peculiares. Estos sectores se caracterizan por dominancia de pocos jugadores grandes transnacionales que son verticalmente integrados y las pequeñas empresas especializadas basadas en una tecnología y no en un producto. El sistema es muy fragmentado

⁶⁶ McKelvey, et al, "The economic dynamics of modern biotechnology" pp. 52-55.

⁶⁷ Ibidem.

⁶⁸ Walter W. Powell, et al., "Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology", p.122.

y descentralizado, pero al mismo tiempo fuertemente integrado.⁶⁹ Algunas instituciones como el *National Institute of Health* (NIH) en los Estados Unidos juegan un papel crítico para orientar e integrar los diferentes actores y líneas de investigación. Las otras instituciones (el sistema de salud, las políticas sectoriales, el mercado de capitales) a menudo realizan funciones que se traslapan y se combinan. Como sostiene McKelvey, las empresas dedicadas a biotecnología no podrían existir sin apoyos de fondos públicos para investigación académica y los contratos de investigación de las grandes empresas establecidas.⁷⁰

2.2.2 El sector académico.

Los actores del sector académico (universidades y centros de investigación) se pueden dividir por el criterio del origen de su capital: público o privado. Sin embargo, sus características principales son comunes para ambos tipos de instituciones: sus funciones principales son formación y docencia, investigación y transferencia del conocimiento a los otros actores socio-económicos. En la literatura se establece que las universidades y los centros de investigación, por lo general, operan en el ámbito de ciencia básica, y su objetivo principal es generación de conocimiento en forma de publicaciones científicas.⁷¹ Sin embargo, en las últimas décadas en los Estados Unidos y en algunas otras regiones del mundo, las universidades y centros de investigación públicos se ven incentivados para patentar y comercializar sus descubrimientos. Estas dinámicas son fundamentales para el

⁶⁹ Maureen McKelvey, Luigi Orsenigo, Fabio Pammolli. *Pharmaceuticals analyzed through the lens of a sectoral innovation system*. En "Sectoral Systems of Innovation. Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe" editado por Franco Malerba. UK: Cambridge University Press, 2004, pp. 110-112.

⁷⁰ *Ibid.*, p.110.

⁷¹ Oliver, "Networks for learning and knowledge creation in biotechnology", pp. 39-41.

establecimiento de las redes de colaboración en la industria biotecnológica ya que todos los actores tienen incentivos para participar en estas redes.⁷²

Las universidades son una fuente importante de desarrollos científicos en biotecnología, y se considera que la comercialización de los resultados de la investigación es su "tercera misión".⁷³ La comercialización de resultados de la investigación se puede lograr mediante la transferencia de tecnología a las empresas establecidas, en forma de concesión de licencias, la colaboración en investigación y contratos de investigación, o a través de la generación de empresas *spin-off* académicas.

Por el otro lado, en la literatura sobre las redes de colaboración entre instituciones académicas y empresas en México se ha establecido que la comercialización de los resultados de investigación no es la motivación principal de los científicos para vincularse con sus contrapartes. En la realidad, sólo la minoría de los académicos considera incentivos materiales (recursos financieros, obtención de derechos de propiedad intelectual) como sus objetivos principales para integrarse a las redes de colaboración con los científicos del sector empresarial.⁷⁴ En el contexto institucional mexicano, que no es específicamente propicio para generación de estos vínculos, los académicos se involucran en los proyectos aplicados por “el amor al arte”, más precisamente, para responder a sus intereses académicos, fortalecer sus líneas de investigación y conseguir recursos adicionales para sus laboratorios.⁷⁵

⁷² Ibidem.

⁷³ OECD Innovation Policy Platform, *Actor Brief: Higher Education Institutes*, consultado en <http://www.oecd.org/innovation/policyplatform/48373782.pdf>

⁷⁴ Federico Stezano, Adrián Millán, “Incentivos que encuentran los científicos mexicanos para adoptar relaciones de transferencia de conocimientos y tecnología con el sector empresarial”, *Sociológica*, vol. 29, num. 83, septiembre – diciembre de 2014, p.67.

⁷⁵ Sylvie Didou, Eduardo Remedi, *De la pasión a la profesión: investigación científica y desarrollo en México*, Casa Juan Pablo – Organización para las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. México: D.F., 2008, p. 109.

Para entender la posición del sector académico en el área de biotecnología dentro de la dinámica de las redes de colaboración es necesaria tomar en cuenta dos cuestiones específicas: primero, no existe una fractura entre la investigación básica e investigación aplicada.⁷⁶ Las dos se retroalimentan y son esenciales para profundizar y renovar sus perspectivas. Segundo, los científicos del sector académico hacen su propia decisión sobre en qué sector desarrollar su carrera profesional: académico o industrial, y están conscientes de los beneficios que ofrece el sector industrial para sus empleados.⁷⁷ Además, no existe ninguna tensión, ni menospreciación entre las contrapartes en estos sectores. Ambos se consideran colegas de pleno derecho.⁷⁸ En cualquier caso, la carrera académica, como sostienen Didou y Remedi, es sacerdocio, no es sacrificio, y los investigadores del sector académico están muy interesados en vincularse con la industria con la motivación principal de aumentar las capacidades de producir y difundir conocimientos.⁷⁹

2.2.3 Las organizaciones intermediarias.

En la literatura sobre la transferencia y vinculación se ha generado un amplio consenso de que las organizaciones intermediarias juegan un rol principal para proveer las capacidades técnicas y relacionales para los actores involucrados en la red.⁸⁰ Estas organizaciones desempeñan un gran número de funciones tales como apoyar a circular el conocimiento entre varios contextos institucionales, traducir lenguajes diferenciados de las ciencias naturales y ciencias sociales, coordinar el flujo de información.⁸¹ En el contexto mexicano están presentes los siguientes tipos de actores intermediarios: oficinas de transferencia tecnológica (OTTs),

⁷⁶ Ibid., p.38.

⁷⁷ Ibid., p.33.

⁷⁸ Ibid., p.34.

⁷⁹ Ibid., p. 33.

⁸⁰ Véase Federico Stezano, *Redes ciencia - industria para la transferencia en México, Estados Unidos y Canadá. Regímenes institucionales y tecnológicos y mecanismos de intermediación*. México: FLACSO, México, 2009.

⁸¹ Ibid, pp. 102-103.

empresas de capital de riesgo, *brokers* tecnológicos, parques científico-tecnológicos, incubadoras de empresas, firmas legales, organizadores de conferencias sobre transferencia tecnológica, empresas de servicios de manufacturación, empresas de relaciones públicas, empresas de contabilidad, empresas de búsqueda de ejecutivos.⁸²

La diversidad de las vías de intermediación es sumamente importante para promover la diversidad de los canales de colaboración, sin apearse a sólo uno.⁸³ En el contexto socioeconómico de México, donde existe la falta de confianza y de compromiso de los principales actores en el sistema nacional de innovación, adquiere especial importancia la promoción de diversos vínculos, no limitados al canal de comercialización. Esta tarea debe ser realizada por diversos actores intermediarios que deben evolucionar conforme evolucionan las necesidades de circulación del conocimiento.

2.3 Las relaciones dentro de las redes de colaboración.

Después de explorar la variedad de los nodos (actores) que constituyen las redes de colaboración en biotecnología, es necesario estudiar los lazos que se establecen entre estos nodos.

En lo que se refiere al contenido de los lazos entre los actores en las redes de colaboración en biotecnología, en la literatura se analizan varias categorías de estos vínculos. Algunos autores los agrupan en 4 categorías grandes como estas: tradicional (publicaciones, formación de capital humano, etc.), prestación de servicios (asesorías, prestación de

⁸² *Ibid.*, pp. 105-106.

⁸³ Stezano, Millán, "Incentivos que encuentran los científicos mexicanos para adoptar relaciones de transferencia de conocimientos y tecnología con el sector empresarial", pp. 75-78.

equipamiento, etc.), comercial (patentes, licencias, empresas *spin-off*, incubadoras, etc.) y bi-direccional (proyectos conjuntos de I+D, parques científico-tecnológicos, etc.).⁸⁴

Powell et al., por su parte, distinguen tales modalidades de cooperación en las redes entre academia e industria como asesorías (en el nivel individual o el nivel organizacional), formación de recursos humanos, el diseño de cursos específicos o la incorporación de personal de la empresa a los cursos de posgrado y/o de especialización en las universidades; la optimización y/o desarrollo de un nuevo proceso y/o producto, y la transferencia de tecnologías desde las instituciones de investigación, entre las más importantes.⁸⁵

Puede haber un sinnúmero de clasificaciones de los lazos según su contenido, pero lo importante es que el contenido de los lazos depende de los objetivos de colaboración que persiguen los actores y también depende de las reglas organizacionales que permiten, prohíben, fomentan o desincentivan ciertos tipos de vínculos. Por ejemplo, en el contexto mexicano la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos impedía que los científicos en las instituciones públicas licencien patentes como creadores o participen en empresas de base tecnológica, consorcios, alianzas tecnológicas como socios y obtengan ganancias económicas de ello.⁸⁶ Últimamente, se aprobó la reforma a la Ley Federal de Responsabilidades de los Servidores Públicos y a la Ley de Ciencia y Tecnología que elimina los obstáculos para los investigadores del sector público beneficiarse de sus invenciones y desarrollos tecnológicos.⁸⁷

⁸⁴ Valeria Arza y Mariela Carattoli. El desarrollo de la biotecnología y las vinculaciones público-privadas, una discusión de la literatura orientada al caso argentino. Argentina: Realidad Económica, febrero 2012, p. 62.

⁸⁵ Walter W. Powell, Kenneth W. Koput, Douglas R. White, Jason Owen-Smith, Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences. *American Journal of Sociology*, vol. 110, n. 4, January 2005, p 1149.

⁸⁶ Federico Stezano, Monografía sobre la empresa StelaGenomics. CIECAS-IPN, 2015, p. 18.

⁸⁷ Ibidem.

Ahora bien, Oliver y Liebeskind distinguen tres niveles de análisis para estudiar los lazos en las redes de colaboración.⁸⁸ Para empezar, se distingue entre las relaciones que se establecen en los niveles intra-organizacional e interorganizacional. En el nivel intra-organizacional se observan las relaciones interpersonales, mientras que en el nivel interorganizacional para los fines analíticos se puede distinguir entre las relaciones tanto entre individuos como entre organizaciones. Las relaciones interpersonales son más importantes para aprendizaje, mientras que las relaciones entre organizaciones, por lo general, apoyan la transferencia del conocimiento y generación de productos comercializables.⁸⁹ En total, los tres tipos de relaciones en redes representan dos niveles distintos de análisis: a nivel individual y organizacional.

La gran parte de la investigación sobre las relaciones de la red en la biotecnología se ha centrado en las relaciones entre organizaciones.⁹⁰ Sin embargo, los lazos entre organizaciones representan sólo una parte del conjunto global de los vínculos en estas redes. Además de los vínculos entre las organizaciones, existe una densa red de relaciones a nivel individual entre los científicos que trabajan en el sector empresarial y en el sector académico que no se registran en ningunas bases de datos y, por lo tanto, son difíciles de identificar. Es más común entre los autores centrar su atención en las colaboraciones científicas que resultan en las publicaciones científicas y en la obtención conjunta de los derechos de patente dado que se puede acceder a los bases de datos que registran estos tipos de vínculos.⁹¹

Para sintetizar las clasificaciones de los vínculos que se establecen entre los actores en las redes de colaboración, se propone el siguiente cuadro (Cuadro 1).

⁸⁸ Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology", p. 21.

⁸⁹ Ibid, p. 22.

⁹⁰ Ibid., p. 11.

⁹¹ Ibid., p. 7.

Cuadro 1. Canales de transferencia de conocimientos que prevalecen en varios niveles de análisis.

Nivel de complejidad	Contenido	Dentro de organizaciones	Entre organizaciones	
		Interpersonal	Interpersonal	Inter-organizacional
Bajo	Actividades de divulgación y difusión del conocimiento: eventos, seminarios, conferencias, publicaciones y copublicaciones	+	+	
	Contactos informales entre científicos: redes profesionales, intercambio de información	+	+	
	Movilidad de recursos humanos: prácticas profesionales, formación, contratación de graduados		+	
Mediano	Servicios: asesoría, asistencia técnica, prestación de equipo	+	+	+
	Proyectos en conjunto: cooperación en I+D, contratos de investigación, intercambio de investigadores, redes formales profesionales, parques científico-tecnológicos	+	+	+
Alto	Licenciamiento: oficinas de transferencia tecnológica, patentes			+
	Empresas de base tecnológica: spin-offs, incubadoras, actores híbridos ciencia – industria			+

Fuente: Elaboración con base en Stezano, Millán, “Incentivos que encuentran los científicos mexicanos para adoptar relaciones de transferencia de conocimientos y tecnología con el sector empresarial”, *Sociológica*, vol. 29, num. 83, septiembre – diciembre de 2014, p. 67.

Los vínculos entre organizaciones a nivel organizacional (en contraste que en el nivel interpersonal) desempeñan un papel crítico en el desarrollo y comercialización de productos.⁹² Es notable el hecho de que una patente no necesariamente resulta en un producto llevado al mercado. Estos vínculos se establecen principalmente entre las empresas innovadoras dedicadas a la biotecnología y las grandes empresas establecidas que poseen activos complementarios tales como canales de distribución y capacidades para realizar estudios clínicos. Los productos, procesos y servicios biotecnológicos se desarrollan entre las empresas innovadoras dedicadas a la biotecnología y las empresas establecidas con participación importante de los centros públicos de investigación y universidades, y de allí fluyen a los mercados. En este proceso los lazos interorganizacionales juegan el papel principal, mientras que las relaciones interpersonales tienen un papel minucioso.⁹³

Por el otro lado, los lazos interorganizacionales (de mediana y alta complejidad) prácticamente son imposibles sin los lazos interpersonales. El establecimiento de interacciones personales entre investigadores del sector académico y del sector industrial antecede la colaboración interorganizacional, la que lleva a generación de productos y servicios con impacto social.⁹⁴ Las posibilidades de establecer colaboración más compleja, como es la transferencia de conocimiento en forma de licenciamiento, depende en gran medida de la madurez de las líneas de trabajo de los investigadores.⁹⁵

Como ya hemos visto en el apartado anterior, las carteras de colaboración de los actores en las redes son muy diversas. Por lo general, se observa una división del trabajo en la

⁹² Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology", p.20.

⁹³ Ibid., p. 21.

⁹⁴ Sylvie Didou, Eduardo Remedi, *De la pasión a la profesión: investigación científica y desarrollo en México*, Casa Juan Pablo – Organización para las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. México: D.F., 2008, p. 110-111.

⁹⁵ Ibidem.

que una empresa innovadora o un centro de investigación desarrolla una tecnología prometedora con la asistencia financiera y científica de una empresa establecida, y esa empresa comercializa el producto final. Las grandes empresas establecidas mantienen concesiones de licencias con los hospitales, las universidades y los centros de investigación tanto a nivel nacional, como internacional. Los otros vínculos se basan en la externalización (*outsourcing*) de las tareas de investigación entre la industria y la academia. Las estrategias de colaboración son muy diversas, pero tienen un fin común: circular los conocimientos para llegar a aplicaciones finales.⁹⁶

Las estrategias de colaboración para los fines analíticos pueden ser clasificadas en dos categorías grandes de acuerdo con sus propósitos principales⁹⁷:

- la colaboración enfocada en activos complementarios, es decir, las instituciones están inducidas a cooperar para adquirir competencias tecnológicas o económicas que no poseen pero que son cruciales para su éxito económico;
- la colaboración enfocada en los aspectos complementarios generales y las sinergias, es decir, la agrupación de los esfuerzos de I+D en una dirección específica. Es de señalar que en este caso las instituciones colaboradoras pueden tener competencias trasladadas. Por ejemplo, es posible concebir una división del trabajo en la que las empresas persiguen objetivos similares con competencias similares, y que colaboran con el fin de acelerar el proceso de innovación y para difundir la incertidumbre en la red.

⁹⁶ Amalya L. Oliver. On the duality of competition and collaboration: network-based knowledge relations in the biotechnology industry. *Scandinavian Journal of Management*, num. 20, 2004, p. 153.

⁹⁷ Andreas Pyka, Paolo Saviotti. Innovation Networks in the Biotechnology-Based Sectors. University of Augsburg. Université Pieres Mendés France , 2001.

Esta tipología es relevante para saber de las motivaciones de los actores para entrar en la colaboración (Cuadro 2). En la primera forma de colaboración las empresas dedicadas a biotecnología juegan el papel de traductores (transmisores de tecnología), mientras que en la segunda forma juegan el papel de los exploradores.⁹⁸ También se puede concebir la estrategia de explotación de los conocimientos en las fases posteriores. En consecuencia, la decisión de participar en la colaboración depende de las respectivas competencias y capacidades que las empresas han acumulado. Por ejemplo, una pequeña empresa dedicada a biotecnología en sus primeras fases no es capaz por sí sola recaudar fondos para I+D y tiene que encontrar a un socio con el fin de obtener financiamiento. De la misma manera, las grandes empresas establecidas que quieren participar activamente en los campos prometedores de la biotecnología pero no tienen las competencias tecnológicas internas, necesitan socios colaboradores con experiencia en estos campos. Por otra parte, las empresas con capacidades altamente desarrolladas no correrían el riesgo de compartir sus conocimientos con potenciales competidores en las etapas inmediatamente anteriores a la introducción de la innovación al mercado.

Cuadro 2. Las estrategias de los actores en las redes de colaboración en el área de biotecnología.

Estrategia	Descripción
Exploración de conocimientos	Los centros públicos de investigación (CPI) e instituciones de educación superior (IES) son por su naturaleza los actores cuya estrategia principal es la exploración de conocimientos. Las pequeñas empresas dedicadas a biotecnología desempeñan como exploradores de conocimientos en etapas de su existencia más avanzadas porque inicialmente carecen de recursos suficientes para llevar a cabo su propia investigación. Las grandes empresas establecidas también

⁹⁸ Ibid., pp. 4-5.

	llevan a cabo tareas de exploración de conocimientos pero no es su estrategia principal.
Transmisión de conocimientos	En las etapas iniciales las empresas dedicadas a biotecnología desempeñan el papel de traductores, facilitando la absorción de las nuevas tecnologías por parte de las grandes empresas establecidas. Esto significa que ellas sirven como instituciones para la transferencia de conocimientos entre la investigación académica e industria (por ejemplo, realizan tareas de escalamiento de procesos para poder aplicarlos en el nivel industrial.
Explotación de conocimientos	Esta tarea corresponde principalmente a las grandes empresas establecidas, como las farmacéuticas. Estas empresas desarrollan una cartera tecnológica amplia con apoyo de las empresas dedicadas a biotecnología en un espacio complejo y creciente de oportunidades tecnológicas. Los conocimientos también pueden ser explotadas por empresas dedicadas a biotecnología, CPIs e IES.

Fuente: Elaboración con base en Pyka y Saviotti (2001) "Innovation Networks in the Biotechnology-Based Sectors"

La evolución de los papeles que juegan las empresas en las redes de colaboración puede ser mostrada de la siguiente manera: las pequeñas empresas dedicadas a biotecnología apoyan a las grandes empresas en la construcción de sus competencias tecnológicas; y, como compensación por sus esfuerzos de I+D, están financiadas por estas empresas grandes. Cuando las pequeñas empresas innovadoras comiencen a ganar su propio dinero, inician nuevas colaboraciones en las cuales ya no están jugando el papel de los traductores, sino la de los exploradores. Estas colaboraciones entre las empresas dedicadas a biotecnología adquieren cada vez más importancia en las etapas avanzadas del proceso de innovación. Los acuerdos de colaboración tienen como objetivo agrupar conocimientos y explorar las oportunidades tecnológicas conjuntamente. El número de los acuerdos entre las pequeñas empresas dedicadas a la biotecnología crece instantáneamente.⁹⁹

⁹⁹ Ibid., p. 26.

Este nuevo papel desempeñado por las empresas dedicadas a la biotecnología también se refleja en las decisiones tomadas por las empresas con respecto a su política de colaboración. Pyka y Saviotti distinguen entre tres estrategias: 1) *do-it-alone*, la estrategia elegida por las empresas que se encuentran ya sea en la frontera tecnológica y no quieren compartir su *know-how* con seguidores o por las empresas que ya están participando en varias colaboraciones.¹⁰⁰ La segunda estrategia tiene por objetivo la captación de fondos de investigación; esta estrategia es adoptada por las empresas dedicadas a la biotecnología en sus primeras fases, cuando entran en la escena con las competencias tecnológicas desarrolladas, pero no tienen las competencias económicas. Por último, la tercera estrategia tiene como objetivo la integración de los conocimientos externos con el fin de construir conjuntamente por medio de una red las capacidades necesarias para la introducción de una innovación. Evidentemente, la tercera estrategia es más avanzada y requiere de capacidades institucionales y organizacionales desarrolladas para ser implementada.

2.4 Los factores que determinan el establecimiento y la consolidación de las redes de colaboración.

En la literatura sobre las redes de colaboración genéricas en industrias innovadoras se han explorado de manera extensa los factores que influyen en la consolidación de estas redes. Se han identificado tales factores como la distribución de poder, la confianza, la armonía entre cooperación y conflicto.¹⁰¹ Estos factores se exploran con más detalle a continuación (Cuadro 3).

¹⁰⁰ Ibid., p. 27.

¹⁰¹ Giselle Rampersad, Pascale Quester, Indrit Troshani. Managing Innovation Networks: Exploratory Evidence from ICT, biotechnology and nanotechnology networks. *Industrial Marketing Management*. 39 (2010) pp. 793-805.

Cuadro 3. Factores que determinan la consolidación de las redes de aprendizaje en industrias innovadoras.

Factor	Descripción analítica
Coordinación	La coordinación puede ser definida como el grado en que los diferentes actores en la red trabajan de manera colaborativa para alcanzar un conjunto de objetivos en común. Dado que son redes horizontales y no son gobernadas por control rígido, tienen que haber mecanismos de coordinación adecuados para asegurar que se logran los resultados deseados. En este proceso se puede destacar a los actores intermediarios que juegan papel de los coordinadores de las redes de colaboración.
Armonía entre conflicto y cooperación	Es necesario mantener balance entre el conflicto y cooperación en las redes de colaboración. Un cierto grado de conflicto puede ser beneficioso para la innovación mientras que la cooperación puede ser necesaria para lograr eficiencia. ¹⁰² La armonía se define como encuentro de intereses mutuos entre los actores en las redes de colaboración. Esto implica que los actores están involucrados desde las etapas tempranas en el proceso de innovación. Estos actores procuran entender las perspectivas de sus contrapartes, resolver sus conflictos en el nivel más bajo posible y discutir los problemas en vez de simplemente reconocerlos.
Comunicación eficiente	El concepto de eficiencia de comunicación puede ser definida como la relación entre la efectividad de comunicación en términos de la transparencia, la credibilidad y la codificación de conocimiento y los costos de comunicación como la secrecía. Para lograr efectividad tiene que haber motivación para compartir información. ¹⁰³ El dueño de información tiene que poder y querer transferirla y que la información sea de interés para el receptor.
La eficiencia de I+D	La eficiencia de I+D se refiere a los <i>inputs</i> de I+D respecto a los <i>outputs</i> . En el contexto de las redes de colaboración, es relevante que los actores contribuyan los recursos para el proceso de innovación como el financiamiento, infraestructura, habilidades, etc. y esperan obtener resultados como nuevo conocimiento y sus aplicaciones.
Distribución de poder	La distribución de poder definida como el balance de influencia y control de los actores en las redes puede influir en su consolidación. Un ambiente equilibrado libre de abusos de poder o estrategias de intimidación facilita la coordinación de la red.
Confianza	La confianza en la fiabilidad e integridad de los contrapartes en las redes de colaboración ha sido discutida ampliamente. La confianza influye en la coordinación de la red, ya que funciona como un mecanismo de gestión de la red. Las redes con niveles de confianza más

¹⁰² Ibid., p.796.

¹⁰³ Ibidem.

altos requieren menos coordinación e implican costos de administración reducidos. La confianza facilita gestión de conflictos dado que los actores de la red pueden renunciar los objetivos inmediatos, expresar sus opiniones abiertamente y concentrarse en el desarrollo de iniciativas compartidas. Un requisito indispensable para la consolidación de las redes de colaboración es la presencia de un mecanismo de confianza. La investigación colaborativa orientada a comercialización exige una forma amplia y profunda de la confianza.¹⁰⁴ En la investigación comercial están presentes mayores incentivos para la conducta oportunista y poco ética. El riesgo de perder los derechos de la propiedad intelectual conduce a que los académicos, así como científicos industriales sean muy cuidadosos con lo que manifiestan a sus colegas. El secreto es necesario para la ciencia orientada a negocios y esto implica el comportamiento reservado de los actores en las redes. Esto significa que ya no es suficiente que un científico simplemente confía en la credibilidad del otro. Por lo tanto, la amplitud y la profundidad de la confianza aumentan y el manejo cuidadoso de información y adquieren importancia en las redes de colaboración.

Las metas compartidas

Las metas compartidas son importantes para el éxito de las redes interorganizacionales porque están claramente relacionadas con cómo se estructura la colaboración, así como con la forma en que se definen las medidas de éxito. Los objetivos de la colaboración científica tienen un fuerte énfasis en la generación de conocimiento, la investigación básica, el uso compartido de los recursos, la interacción con la comunidad y el desarrollo profesional de estudiantes de post-doc y de posgrado.¹⁰⁵

Fuente: Elaboración con base en G. Rampersad, et al. (2010) y Corley, et al. (2006).

La variable de interés – el grado de consolidación de la red de colaboración - puede ser definida como su éxito en términos de logro de sus objetivos. Como participantes de la red son diversos y tienen diferentes agendas organizacionales, el éxito puede estar basado en la percepción de la eficacia para cada organización dentro de la red.¹⁰⁶

Para resolver los dilemas de colaboración elaborados en el Cuadro 3 (coordinación efectiva, armonía entre conflicto y cooperación, comunicación eficiente, balance entre costos y beneficios, distribución eficiente de poder, confianza, establecimiento de metas

¹⁰⁴ Oliver, A., "Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology", pp. 173-177.

¹⁰⁵ Elizabeth A. Corley, P. Craig Boardman, Barry Bozeman. Design and the management of multi-institutional research collaborations: Theoretical implications from two case studies. *Research Policy* 35 (2006), pp. 975-993.

¹⁰⁶ Rampersad, "Managing Innovation Networks: Exploratory Evidence from ICT, biotechnology and nanotechnology networks", p. 797.

compartidas) es esencial la presencia de los actores intermediarios en las redes de colaboración, específicamente, en el área de biotecnología. En este sentido, el papel clave pertenece a las oficinas de transferencia tecnológica (OTTs) que se hacen cargo de la vinculación de los académicos con sus contrapartes en el sector empresarial. Las tareas de las OTTs incluyen trabajar con la planta académica en la presentación de solicitudes de patentes y, luego, concesión de licencias de propiedad intelectual a las empresas existentes o el apoyo en la creación de *spin-offs*, entre otras.¹⁰⁷ Mientras que las principales universidades en México han establecido OTTs, estas oficinas varían ampliamente en su capacidad para traducir los descubrimientos básicos de la investigación en la propiedad intelectual para que esta puede ser aprovechada por el sector empresarial. Lo mismo sucede con las OTTs independientes que funcionan como un negocio que también tienen amplia presencia en México.¹⁰⁸

Existe un amplio espectro de estímulos que son relevantes para el establecimiento de las redes de colaboración.¹⁰⁹ Es importante tomar en cuenta que los académicos se comprometen con la industria para profundizar su investigación y no necesariamente para comercializar sus ideas.¹¹⁰ Stezano y Millán sostienen que la comercialización de los resultados de los proyectos de los investigadores no debe ser percibida como el objetivo principal de la existencia de las redes de colaboración. De acuerdo con estos autores, las organizaciones intermediarias son indispensables para la transferencia de conocimientos y

¹⁰⁷ Las principales actividades que realizan las OTTs se pueden resumir con lo siguiente: evaluación de patentabilidad, solicitud de patentes, licenciamiento al exterior, licenciamiento al interior, negociación de convenios de investigación (Pragmatec, 2014).

¹⁰⁸ Pragmatec, "Pilares de Innovación. Estudio sobre oficinas de transferencia y comercialización de tecnología en México", 2014, pp. 38-39.

¹⁰⁹ Stezano, Millán, "Incentivos que encuentran los científicos mexicanos para adoptar relaciones de transferencia de conocimientos y tecnología con el sector empresarial", *Sociológica*, vol. 29, num. 83, septiembre – diciembre de 2014, p.72.

¹¹⁰ *Ibid.*, p. 75.

tecnología en los países que tienen recursos y la capacidad de investigación limitada. En total, el objetivo de políticas públicas es resolver el problema de la falta de las vías para circular los conocimientos y dar un impulso a las innovaciones en el ámbito de biotecnología como proyecto de desarrollo socioeconómico.¹¹¹ La presencia de instancias intermediarias, como los actores sectoriales de gobierno, organizaciones privadas y programas de ciencia y tecnología puede ser fundamental para mejorar la coordinación de las redes de conocimientos y tecnología entre ciencia e industria.¹¹²

Los instrumentos de la política pública de CTI pueden considerarse como mecanismos de intermediación que son cruciales para el establecimiento y consolidación de las redes de colaboración en el área de biotecnología. Por lo tanto, es relevante estudiar la influencia de estos mecanismos de intermediación en las dinámicas en el sector para hacer conclusión sobre en qué medida estos instrumentos realmente apoyan circular los conocimientos para llegar a aplicaciones prácticas que generen impacto en la sociedad.

2.5 Las políticas gubernamentales de ciencia, tecnología e innovación para el área de biotecnología.

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) estableció que el papel del gobierno en la hechura de la política de innovación ha cambiado drásticamente en las últimas décadas.¹¹³ Se distingue entre tres generaciones de políticas de innovación. La primera, basada en una visión lineal de innovación, fue empleada en los años post-guerra y se enfocaba en el financiamiento de ciencia básica. Este financiamiento tenía como propósito compensar

¹¹¹ Ibid., p. 72.

¹¹² Ibid., pp. 77-78.

¹¹³ OECD. "Innovation in Pharmaceutical Biotechnology: Comparing National Innovation Systems at the Sectoral Level", OECD Publishing, 2006, p. 180..

las fallas del mercado, en particular, el hecho de que las empresas privadas subinvertían en I+D.

Desde mediados de la década de 90s la creciente complejidad del sistema de innovación exige a los gobiernos enfrentarse a las fallas sistémicas que bloquean el proceso de innovación. Se reconoció la importancia de la divulgación científica y tecnológica, el carácter interactivo del proceso de innovación y la especificidad regional y/o sectorial de los procesos de innovación.¹¹⁴ Se ha detectado una gran variedad de imperfecciones sistémicas en varios países miembros de la OCDE, pero la mayoría suelen estar relacionadas con la explotación y comercialización del conocimiento. Ejemplos de ello son la falta de conocimientos especializados en biotecnología por parte de los empleados de oficinas de transferencia de tecnología, los modelos inadecuados para repartir la propiedad intelectual entre el investigador y su institución, la valoración insuficiente de los centros públicos de investigación, la insuficiencia de vínculos público-privados, la escasez de capital de riesgo, etc.¹¹⁵

Por lo tanto, el enfoque de las políticas de primera y segunda generación estaba en el sistema de investigación y la educación, el sistema de negocios, condiciones macroeconómicas, la infraestructura y los actores intermediarios. El enfoque de las políticas de tercera generación es el propio gobierno.¹¹⁶ Una tarea importante es cerrar la brecha de coordinación dentro del gobierno entre las distintas instancias que tratan los aspectos específicos de la cadena de innovación. En general, se afirma que los países que adoptan un

¹¹⁴ Ibidem.

¹¹⁵ Ibid., p. 166.

¹¹⁶ Ibid., p. 180.

planteamiento global que abarca todas las funciones del sistema de innovación tienden a obtener mejores resultados que los países con políticas descoordinadas y fragmentadas.

En el contexto más amplio de la política industrial en México, los investigadores identificaron disparidades significativas en las capacidades institucionales y las políticas locales de fomento a ciencia, tecnología e innovación entre los estados del país.¹¹⁷ Las políticas genéricas a nivel federal para todas las regiones agudizan las desigualdades nacionales que ya existen. En este sentido, a nivel sectorial se observa la misma situación de que algunos sectores que tienen más capacidad de beneficiarse de los instrumentos de la política pública de CTI como son los exportadores y maquiladores, aprovechan los recursos destinados a fomento de I+D en el país. Además, los autores enfatizan la importancia de políticas verticales que ponen en marcha medidas dirigidas a sectores prioritarios y reconocen la necesidad de diseñar instrumentos específicos.¹¹⁸ En México, a pesar de que el gobierno federal se comprometió a enfocarse en políticas horizontales y no selectivas, algunas políticas verticales se han implementado, incluyendo la política de apoyo a micro, pequeñas y medianas empresas.¹¹⁹ En este sentido, la tarea de la política industrial consiste en identificar los sectores prioritarios que marcan el ritmo del desarrollo del país.

Los instrumentos de las políticas públicas de CTI se diseñan actualmente reconociendo que se requieren diferentes tipos de conocimiento para transformar una invención en una innovación.¹²⁰ Por lo general, las necesidades de conocimiento varían entre empresas de diferentes sectores y en diferentes etapas de su ciclo de vida. En el caso de las

¹¹⁷ Federico Stezano, Ramón Padilla-Pérez. *Gobernanza y coordinación entre el ámbito federal y estatal en las instituciones y programas de innovación y competitividad en México*. Banco Interamericano de Desarrollo. Marzo 2013, p.34.

¹¹⁸ *Ibid.*, p.5

¹¹⁹ *Ibid.*, p.8.

¹²⁰ Joseph Lane, Jennifer Flagg. Translating three states of knowledge - discovery, invention and innovation. *Implementation Science*, 2010, 5:9, pp. 2-3.

spin-offs biotecnológicas, es posible suponer que estas empresas tienen una buena base científica y tecnológica porque se originan desde las universidades y centros públicos de investigación. Por otra parte, el conocimiento sobre la comercialización, tales como el desarrollo de productos, desarrollo de negocios, mercadotecnia, ventas, financiamiento y requisitos regulatorios está presente en menor medida. En los países que tienen más éxito en el desarrollo de la industria biotecnológica, la respuesta a este problema son las políticas de apoyo a la comercialización. Por ejemplo, en Finlandia existe una política propia para la comercialización de tecnología. Esta incluye los premios para los emprendedores en innovación, las incubadoras tecnológicas y programas de vinculación entre las empresas locales y los centros de investigación.¹²¹

A grandes rasgos, existen dos categorías de instrumentos de política pública que afectan el desarrollo de biotecnología: instrumentos específicos de apoyo a la investigación en biotecnología y generación de sus aplicaciones finales e instrumentos genéricos que apoyan el desarrollo y aplicación de tecnologías en general, incluida la biotecnología.¹²² Los países europeos, por ejemplo, han desarrollado varias combinaciones de instrumentos genéricos y específicos para estimular la base científica de biotecnología. Destacan Bélgica, Alemania, Francia y los Países Bajos que tienen instrumentos específicos de política pública para apoyar la comercialización de biotecnología, mientras que los otros países emplean principalmente los instrumentos genéricos en el área de comercialización.¹²³

¹²¹ Legislative Council Secretariat, "Fact Sheet. Innovation and technology industry in Finland". FSC41/13-14. Consultado en <http://www.legco.gov.hk/research-publications/english/1314fsc41-innovation-and-technology-industry-in-finland-20140902-e.pdf>

¹²² OECD, "Innovation in Pharmaceutical Biotechnology. Comparing national innovation systems at the sectoral level.", p. 158..

¹²³ Ibidem.

Uno de los instrumentos tradicionales es la provisión de recursos financieros a los sectores de alta tecnología. Algunos autores encontraron que la calidad del *output* innovador de las empresas está condicionado por su elección entre fuentes de financiamiento alternativas.¹²⁴ En uno de los estudios se presenta una observación de que las *start-ups* en la industria de equipos quirúrgicos tenían diferentes resultados de su actividad de I+D cuando fueron financiadas por las entidades públicas o privadas.¹²⁵ Las empresas que obtuvieron financiamiento del sector público eran mucho menos propensas a llevar un nuevo producto al mercado. Sin embargo, el financiamiento público es indispensable cuando la tecnología se encuentra en una fase temprana de desarrollo porque aún no puede mostrar su potencial de comercialización y aún no está atractiva para la inversión privada. La habilidad de asegurar un financiamiento apropiado durante todo el proceso de innovación determina si la tecnología sobrevive en el mercado o no.

Sólo tener los instrumentos de política pública genéricos puede ser insuficiente para el desarrollo y aplicación efectiva de la biotecnología en el país.¹²⁶ Los países que desempeñan mejor en términos de creación de nuevas empresas y de registro de patentes (como son Dinamarca, Suecia, Finlandia, Bélgica y los Países Bajos) implementan un conjunto de medidas mixtas (genéricas y dirigidas específicamente a la biotecnología). Los EE.UU. y Canadá no cumplen con esta observación porque siguen las estrategias genéricas. Entonces, algunos autores propusieron la hipótesis de que esto se debe a que el grado de desarrollo del

¹²⁴ Beth-Anne Schuelke Leech, "Innovation Finance: The Nexus of Public and Private Financing of Innovation", September 21, 2014, p. 5. http://www.researchgate.net/publication/256060506_Innovation_Finance

¹²⁵ Ibidem.

¹²⁶ Reiss, Dominguez-Lacasa. "Indicators for benchmarking biotechnology innovation policies." Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, p. 13

área de biotecnología es tan alto que los instrumentos genéricos son más apropiados en estos países.¹²⁷

En los EE.UU., la política de ciencia y tecnología en los últimos treinta años se ha enfocado en la promoción activa de la colaboración entre universidad e industria plasmada en una serie de leyes. Los instrumentos empleados han sido los siguientes, entre otros: las reformas legislativas (*Bayh-Dole Act*, *Economic Recovery Tax Act* de 1981 y 1986, *National Cooperative Research Act* de 1984¹²⁸), las asociaciones subsidiadas (*public-private partnership*), el financiamiento y establecimiento de grandes centros de investigación.¹²⁹ En los EE.UU., los créditos fiscales para I+D fueron establecidos para las empresas y se les permitió a los centros de investigación patentar sus resultados de investigación y licenciar las patentes a la industria. En el Reino Unido, las leyes de transferencia de tecnología crean incentivos para fomentar la inversión en I+D del sector privado, y se crearon programas para promover la transferencia de conocimientos entre las universidades y la industria, tales como el Fondo de Innovación de Educación Superior (*Higher Education Innovation Fund*), y las medidas para promover el desarrollo de *clusters* regionales en ciencias.¹³⁰ Estas políticas se basan en el supuesto de que la colaboración resulta en el aumento de la transferencia de conocimiento científico e incremento de competitividad a través de innovación con menores costos. El compromiso sostenido con la legislación que promueve la transferencia de

¹²⁷ Ibidem.

¹²⁸ La legislación sobre la transferencia de tecnología en los EE.UU. incluye lo siguiente: Bayh-Dole Act de 1980, Economic Recovery Tax Act de 1981, Small Business Innovation Development Act de 1982, National Research Cooperation Act de 1984, Federal Technology Transfer Act de 1986, National Competitiveness Technology Transfer Act de 1989, American Technology Pre-eminence Act de 1991, National Technology Transfer and Advancement Act de 1995, Technology Transfer Commercialization Act de 2000, America COMPETES Act de 2007, America COMPETES Reauthorization Act de 2010, Unemployment Compensation Extension Act de 2010 (World Health Organization, 2012).

¹²⁹ Bridget Pratt, Bebe Loff, "Health research systems: promoting health equity or economic competitiveness?" Bulletin of the World Health Organization, 2012. <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/1/11-092007/en/>

¹³⁰ Ibidem.

tecnología ha dado lugar a cambios significativos en la dinámica de investigación científica en el Reino Unido y los EE.UU. y llevó a la introducción de nuevas formas organizacionales y funciones alteradas para los financiadores de I+D y los patrocinadores.¹³¹

En conclusión, en el presente capítulo se delinearon las características principales de las redes de colaboración derivadas de la literatura sobre la innovación en el sector de biotecnología en el mundo. Primero, se justificó la importancia de colaboración para la circulación del conocimiento y generación de productos, servicios y procesos con alto valor agregado. Segundo, se exploró la estructura de estas redes: los actores que se vinculan y sus tareas principales, los lazos que se establecen entre los nodos y el contenido estos lazos. Tercero, se revisaron varios argumentos y posturas de autores sobre los factores que determinan el éxito de estas redes. Se exploró la existencia de varias clasificaciones de estos factores que pueden ser asociados a las condiciones externas del ámbito socio-económico de una región, a los elementos organizacionales de políticas públicas que influyen en la consolidación de las redes, o las propias características internas de las redes y de su organización. Para los fines de la presente investigación, se retoman los factores asociados a las políticas públicas y se desarrollan con mayor detalle en los casos de las redes estudiadas en México.

¹³¹ Ibidem.

Capítulo 3. La política pública de ciencia, tecnología e innovación y su incidencia en la consolidación de las redes de colaboración en biotecnología en México

Cada política pública necesita su justificación, su *raison d'être* (razón de ser). En el caso de la política de ciencia, tecnología e innovación, la razón primordial para la intervención gubernamental es la presencia de fallas “sistémicas” del sistema socio-económico.¹³² El marco institucional constituye el ambiente complejo en que se mueven los agentes económicos y sociales y esto impone restricciones a las conductas de estos agentes. En el ecosistema de innovación las fallas “sistémicas” relevantes se encuentran en los canales y mecanismos de aprendizaje cuando, por ejemplo, las paradigmas tecnológicas y prácticas existentes impiden que los actores aprendan de otras tecnologías o se mueven a tecnologías emergentes.¹³³ Pueden existir fallas en combinar las actividades de exploración y explotación de conocimiento. Estas fallas se dan cuando los actores con fuertes capacidades de explotación del conocimiento no encuentran complementariedad de sus esfuerzos con los actores que tienen capacidades de exploración del conocimiento. De ahí surge el desconocimiento de la demanda del mercado por innovaciones tecnológicas, tanto como la resistencia del sector productivo introducir desarrollos tecnológicos al mercado.

La falta de los vínculos entre actores en el sistema nacional de innovación también puede considerarse como una falla “sistémica”. Los países que tienen mayor éxito en el desarrollo de biotecnología han empleado medidas para atender esta falla sistémica, en

¹³² Juan Manuel Corona Alcantar, “Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: conceptos e instrumentos”, *Id@s CONCYTEG*, 7 (80), Febrero 2012, p. 173.

¹³³ *Ibid.*, p.174

particular, esquemas de subsidios específicos para la colaboración en I+D, la creación de incubadoras y parques científico-tecnológicos.¹³⁴

Las fallas “sistémicas” no son la única razón para la intervención gubernamental para fomentar la ciencia, tecnología e innovación. Existen también las fallas de mercado, bien estudiadas en la literatura. Las actividades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (IDTI) son esencialmente bienes públicos, lo que implica que no pueden ser valuados a través de los mecanismos de mercado.¹³⁵ Estos bienes se caracterizan por no rivalidad en su consumo, la imperfecta excludibilidad y apropiabilidad. Por lo tanto, se observan los niveles subóptimos de inversión social en estos bienes.

Claramente, la intervención gubernamental no garantiza la corrección de estas fallas “sistémicas” y del mercado. Existen también las fallas de gobierno asociadas a la racionalidad limitada de los agentes públicos, la información imperfecta, las conductas egoístas y oportunistas, los altos costos de intervenciones gubernamentales. Por eso la política pública se sujeta a evaluación continua y rediseño.¹³⁶

La coordinación entre las entidades gubernamentales que administran ciertas políticas públicas también puede ser sujeta de fallas. Por ejemplo, la innovación en el sector biomédico y biofarmacéutico está afectada por las políticas industrial, de innovación, ciencia, educación, de salud, medio ambiente, etc.¹³⁷ Existe una clara disparidad entre los objetivos de la política pública de salud que busca disminuir los costos de atención médica para los ciudadanos, en particular, dar una preferencia a los medicamentos genéricos, versus los objetivos de la

¹³⁴ OECD, “Innovation in Pharmaceutical Biotechnology. Comparing national innovation systems at the sectoral level.”, p. 158.

¹³⁵ Corona Alcantar, “Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: conceptos e instrumentos”, p. 174.

¹³⁶ *Ibid.*, p. 175.

¹³⁷ OECD, “Innovation in Pharmaceutical Biotechnology. Comparing national innovation systems at the sectoral level.”, p. 174.

política de ciencia y tecnología que busca crear condiciones favorables para la innovación en el área de biomedicina y biofarmacéutica.

En lo que se refiere al campo de acción de la política de ciencia, tecnología e innovación, una definición de este es que son “aquellas acciones del gobierno orientadas a influir las decisiones de las empresas, los consumidores, el gobierno y otros agentes involucrados, para crear, desarrollar, acceder, adoptar y transferir tecnología, conocimiento científico e innovación al costo más bajo y con los más amplios resultados en términos de desempeño y beneficios”.¹³⁸ Un problema esencial a que se enfrenta la política pública estudiada es la complejidad del propio proceso de innovación, en particular, de los factores sociales y económicos que dirigen el avance tecnológico. Sin duda, el modelo de innovación de cada región específico (por ejemplo, Silicon Valley) no puede ser copiado y transferido a otros territorios y entidades.

En México, la autoridad encargada del apoyo a ciencia, tecnología e innovación es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). El CONACYT emplea tres instrumentos genéricos más relevantes para fomentar la innovación en el sector empresarial. Son el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), Fondo Sectorial de Innovación” (FINNOVA) y el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT).¹³⁹

Los tres instrumentos de política pública mencionados destinan recursos económicos para atender una falla de mercado importante: la subinversión en investigación y desarrollo por las empresas privadas. Por lo general, el financiamiento público es fundamental tanto para

¹³⁸ Corona Alcantar, “Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: conceptos e instrumentos”, p. 176.

¹³⁹ FINNOVA y FIT se administran por el CONACYT junto con la Secretaría de Economía.

el desarrollo como para la comercialización de la tecnología emergente.¹⁴⁰ A continuación se describen los instrumentos mencionados con mayor detalle.

El Fondo de Innovación Tecnológica está constituido por la Secretaría de Economía y el CONACYT. El propósito del Fondo es apoyar los proyectos de innovación tecnológica de las empresas en México. En particular, se otorga apoyo a nuevos negocios (*start-ups*) que tienen hasta 2 años de constitución y a las micro, pequeñas y medianas empresas de base tecnológica o personas físicas con actividad empresarial. El FIT está dirigido a financiar los proyectos en etapa pre-comercial y también las propuestas de creación y consolidación de grupos y/o centros de ingeniería; diseño, investigación y desarrollo tecnológico.¹⁴¹ El monto de apoyo del Fondo dirigido a los proyectos en el área de biotecnología se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. El apoyo de FIT dirigido a los proyectos en biotecnología en los años 2011-2014.

Entidad Federativa	# Proyectos	Monto de apoyo
Guanajuato	3	\$11,159,393.18
Sonora	2	\$2,050,000.00
Estado de México	2	\$7,015,000.00
Coahuila	4	\$6,271,600.00
Puebla	1	\$2,918,000.00
Jalisco	3	\$3,950,604.00
Querétaro	1	\$1,666,000.00
Chihuahua	1	\$2,893,760.00

Fuente: elaboración propia con base en el Padrón de Beneficiarios del Fondo de Innovación Tecnológica Secretaría de Economía – CONACYT.

¹⁴⁰ Beth-Anne Schuelke-Leech. "Innovation Finance: A Synthesis of Public Funding and Private Financing of Innovation." The Ohio State University. May 7, 2012.

¹⁴¹ Fondo de Innovación Tecnológica. Secretaría de Economía – CONACYT. Convocatoria 2015. Consultado en <http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatorias-abiertas-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatoria-2015-1/6586-bases-convocatoria-fit-2015/file>

El otro instrumento genérico de apoyo a la innovación es el Fondo Sectorial de la Innovación (FINNOVA). Este Fondo está coordinado por el CONACYT y la Secretaría de Economía y regulado por la Ley de Ciencia y Tecnología (LCyT). En particular, el Fondo apoya a financiar una parte del costo de proyectos que permitan mejorar la competitividad de empresas o de los proyectos de investigación aplicada (los prototipos, los conceptos en fase experimental y piloto). El objetivo general del FINNOVA es fomentar la innovación en el país con mecanismos que contribuyan a convertir ideas innovadoras en oportunidades de negocio y fomentar la vinculación entre los sectores empresarial y académico.¹⁴² Los objetivos específicos incluyen lo siguiente:

- incrementar la base de empresas innovadoras;
- convertir ideas innovadoras en proyectos de negocio;
- fomentar la vinculación entre universidades y centros de investigación con las empresas.¹⁴³

El propósito de FINNOVA es apoyar al sector productivo alcanzar la fase de integración del proyecto que sea atractiva para participación de inversionistas privadas que lleven el proyecto a la etapa de explotación comercial.¹⁴⁴ En el año 2014 FINNOVA emitió las siguientes convocatorias:

- convocatoria para organizaciones ganadoras del Premio Nacional de Tecnología e Innovación para desarrollo de proyectos de innovación;

¹⁴² CONACYT, 2015. <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/economia-conacyt-2>

¹⁴³ Miguel O. Chávez Lomelí. Presentación "El Fomento a la Innovación en la Región Noroeste, 2009-2014". México: CONACYT, 2014..

¹⁴⁴ Economía-CONACYT/Innovación, 2015.

- convocatoria para el desarrollo de proyectos que contribuyan al fortalecimiento del ecosistema de innovación;
- convocatoria de bonos para la innovación a través de las Oficinas de Transferencia de Conocimiento;
- convocatoria para el desarrollo de habilidades empresariales para la innovación;
- convocatoria de bonos para la transferencia y comercialización del conocimiento.¹⁴⁵

Cabe destacar que en los años 2011-2012 el Fondo emitió convocatorias específicas para desarrollar proyectos de biotecnología productiva (Cuadro 5). Los apoyos de esta convocatoria se dirigieron a la generación de productos, procesos y servicios que sean probados en etapa piloto o pre-comercial y que se puedan convertir en paquetes tecnológicos, negocios de alto valor agregado, nuevas empresas de base tecnológica (en biotecnología avanzada y aplicada, y en genómica).¹⁴⁶

Cuadro 5. El apoyo de FINNOVA dirigido a los proyectos en biotecnología en los años 2011-2012.

Entidad Federativa	# Proyectos	Monto de apoyo
Aguascalientes	2	\$20,580,000.00
Baja California	5	\$19,734,057.00
Baja California Sur	7	\$24,863,967.00
Coahuila	14	\$39,451,200.00
Colima	1	\$4,876,667.00
Distrito Federal	14	\$45,655,125.19
Durango	1	\$906,122.22
Estado de México	3	\$7,533,913.00

¹⁴⁵ Secretaría de Economía, 2014. <http://www.economia.gob.mx/eventos-noticias/informacion-relevante/10482-boletin-conjunto14-0703>

¹⁴⁶ Fondo Sectorial de Innovación. Segunda Convocatoria para Desarrollar Proyectos de Biotecnología Productiva.

Guanajuato	5	\$21,116,539.39
Hidalgo	2	\$4,161,259.00
Jalisco	13	\$25,886,600.00
Morelos	2	\$9,440,000.00
Nuevo León	5	\$11,654,408.00
Oaxaca	1	\$1,148,000.00
Puebla	10	\$17,004,000.00
Querétaro	1	\$2,974,300.00
Sinaloa	4	\$12,774,514.23
Sonora	5	\$10,064,657.00
Veracruz	3	\$9,733,000.00
Yucatán	1	\$700,000.00

Fuente: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2015.

El tercer instrumento genérico del apoyo a la innovación es el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI). Este programa está dirigida por el CONACYT y tiene como objetivo fomentar en las empresas la inversión en innovaciones que se traduzcan en oportunidades de negocio. Los objetivos específicos incluyen lo siguiente:

- elevar la competitividad de las empresas;
- aumentar el valor agregado del aparato productivo nacional;
- fomentar la interacción academia-empresa;
- impulsar la cultura de la innovación.¹⁴⁷

Se espera que las empresas beneficiadas generen nuevos productos, procesos y servicios de alto valor agregado, se vinculen con instituciones de educación superior y/o centros de investigación públicos, generen la propiedad intelectual e incorporen recursos humanos especializados en actividades de IDTI.¹⁴⁸ Los recursos del PEI complementan las inversiones que la empresa hace en la materia de sus proyectos. De este modo, las empresas

¹⁴⁷ Miguel O. Chávez Lomelí. Presentación "El Fomento a la Innovación en la Región Noroeste, 2009-2014". México: CONACYT, 2014

¹⁴⁸ Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2015. Consultado en <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>

se comprometen a invertir una cierta cantidad de recursos mientras que el CONACYT provee el resto de los fondos necesarios para el proyecto (por ejemplo, la proporción puede ser 65% empresa – 35% CONACYT).

La vinculación es un requisito indispensable para la participación en la convocatoria de PEI en una de sus modalidades. Existen tres modalidades de apoyo: una para las micro, pequeñas y medianas empresas (INNOVAPYME), otra para las grandes empresas (INNOVATEC) y la tercera para los proyectos en red con al menos dos Instituciones de Educación Superior (IES) o dos Centros Públicos de Investigación (CPI) o uno de cada uno. Las primeras dos modalidades no requieren vinculación con IES o CPI formalmente, pero, al parecer, la vinculación con al menos una institución de este tipo en la práctica se impulsa mucho. Los proyectos que tienen cero vinculaciones tienen menos probabilidad de ser aprobados, lo que se refleja en que últimamente 91% de todos proyectos apoyados habían sido vinculados.¹⁴⁹ La modalidad PROINNOVA sí requiere vinculación con 2 o más instituciones. La vinculación con empresas no se considera válida para la participación en la convocatoria PEI.

Los dos grandes rubros de los objetivos de estos instrumentos de la política pública son aumentar la inversión privada en las actividades de IDTI y fomentar la vinculación entre los sectores académico y empresarial. Para los fines de la presente investigación, el área del interés principal es la vinculación entre los sectores académico y empresarial, lo que constituye la base para el establecimiento de las redes de colaboración. Los argumentos del presente capítulo se basan en las evidencias empíricas obtenidas mediante entrevistas semi-estructuradas con los representantes de los sectores involucrados en las redes de colaboración

¹⁴⁹CONACYT. Presentación “El Papel de los Centros Públicos de Investigación en el PEI 2009-2013”.
<http://www.investigacion.ipn.mx/Proyectos/Documents/CONACYT.pptx>

que se identificaron en el ámbito de biotecnología en el país. El resumen de las características esenciales de estas redes se presentan en la Cuadro 6.

Cuadro 6. Síntesis de información sobre las redes de colaboración ubicadas por medio del trabajo de campo.

Los actores en la red	El contenido de los lazos	Las experiencias con programas del CONACYT	Los obstáculos y motivaciones para la vinculación
<p>CICESE (Depto. de Acuicultura) + empresas locales que cultivan organismos marinos (abulón, camarón, jurel, ostión, atún, etc.)</p>	<p>Asesorías para las empresas y entrenamiento de las técnicas de cultivo. Las empresas compran los organismos marinos y se los transfieren a los científicos para que ellos realicen investigación (principalmente estudios genéticos). A nivel de tecnología siempre ha sido muy básico. No había casos de transferencia tecnológica.</p>	<p>PEI: proyecto de cultivo de abulón, de duración de 1 año. El acercamiento fue a través de un maestro en ciencias que trabajó en la empresa y quien buscó la vinculación con CICESE. La empresa nada más tuvo de septiembre a noviembre para gastar todos los recursos. El CICESE recibió el pago inmediatamente por todo el año que se realizó la asesoría. El CICESE capacitó a 6 personas de la empresa de las cuales a los 6 meses ya no estaba ninguno en la empresa. El manejo del dinero no fue adecuado y después de 6 meses ya no había recursos con que pagar a la persona encargada del proyecto. En la otra experiencia el</p>	<p>La principal motivación es “amor al arte”. El sector acuícola en el estado es bastante pequeño. La masa crítica de las empresas está ausente. No hay una política institucional de promover la vinculación (no hay incentivos, sólo castigos). Los empresarios egoístas que buscan recibir en vez de dar. La carga administrativa por parte de la institución les quita mucho tiempo a los investigadores. Centralismo en cuanto a las oficinas que dan el apoyo. No hay independencia a nivel estatal, todo el apoyo viene del nivel federal. Falta de continuidad de las políticas cuando cambia administración. No</p>

		<p>investigador de CICESE no pudo obligar a la empresa a seguir sus recomendaciones. Falta de seguimiento cuando se terminaba el proyecto. Cuando se terminó el plazo del proyecto el CONACYT se desentendió de lo que estaba pasando.</p>	<p>se da seguimiento de los apoyos.</p>
<p>CICESE (Unidad de Desarrollo Biomédico) + Laboratorios Silanes (D.F.) + UNIMA (Guadalajara) + Genway (San Diego) + Teraclón (Madrid)</p>	<p>Desarrollo de moléculas para diagnóstico y tratamiento de enfermedades que se transfieren a los laboratorios de la empresa en el D.F. Se sometió una patente en Estados Unidos por una molécula para tratamiento de enfermedades relacionadas a diabetes (retinopatía diabética y degeneración macular). Se hizo una empresa <i>spin off</i> Nova Proteins para transferir la tecnología de anticuerpos de tiburón. El rol muy activo de los actores intermediarios. Desarrollaron prueba de diagnóstico para las enfermedades de ganado. Desarrollaron moléculas de diagnóstico de VIH</p>	<p>Silanes ha tenido apoyos del CONACYT. FINNOVA, bonos para oficinas de transferencia. La OTT de CICESE se certificó ante el CONACYT. Proyecto de desarrollo de moléculas para tratamiento de cáncer en mascotas apoyado por CONACYT. El proyecto dura 1 año y está en proceso actualmente. Contactaron a una empresa que va a hacer validación de tecnología. La OTT de CICESE está responsable por el proyecto.</p>	<p>Los tiempos muy distintos entre la academia y la empresa (por ejemplo, los tiempos para importar reactivos). Las regalías por transferencia de tecnología constituyen una motivación fuerte. Las reglas claras de juego apoyan vinculación (sobre todo en lo que se refiere a la propiedad intelectual). Los estudiantes reciben un porcentaje de regalías de patentes. Recibieron capacitación por parte de empresas consultoras y del CONACYT. Apoyo para participar en eventos internacionales de biotecnología por FUMEC, PROMEXICO. Falta de acceso a pruebas clínicas. Se resuelve</p>

	con Genway (contrato de exclusividad).		por el convenio con la Secretaría de Salud del estado.
T4 Oligo + Parque Agrobioteg (Irapuato) + CINVESTAV – Irapuato + CIATEJ	Contratos de prestación de servicios. El CINVESTAV le aporta la propiedad intelectual: las bacterias desarrolladas, etc. El CIATEJ le apoya en validación de sistemas de diagnóstico. El CINVESTAV fondeó algunos proyectos de investigación a la empresa. Están en proceso de poner una planta de producción con certificación.	PEI (35% del costo del proyecto) + fondos del gobierno de Guanajuato + las becas del gobierno para contratar a estudiantes de posgrado	Las condiciones que pone el sector académico no le convienen a la empresa. El negocio es muy peculiar, y a muy pocos les interesa trabajar en este área. Es difícil encontrar capacidades complementarias. Las posibilidades de colaborar se incrementarán cuando la empresa entre al área de producción de los kits diagnósticos, lo que es un área más innovador. El contacto con las OTTs ha sido un fracaso porque ellas no están dispuestas a tomar riesgos con el empresario sino sólo proteger al investigador.
Lotto Bio Nano Labs + IPN-Guanajuato + CINVESTAV – Ciudad de México + Instituto de Física de la UNAM + Instituto Nacional de Cancerología + una empresa española	IPN – Gto. (escalamiento) CINVESTAV – Ciudad de México (caracterización) UNAM e Instituto Nacional de Cancerología (aprobación del concepto, aplicación)	FINNOVA (precomercialización de partículas de oro) PEI	Dificultad para vincularse debido a la complejidad administrativa (obtener firmas de personas responsables) y la necesidad de estar todo el tiempo atrás de los investigadores y perseguirlos. Falta de apoyo calificado por parte de los actores intermediarios. Falta

			de personal científico capacitado en áreas de ventas. Sin los programas del CONACYT no hubieran podido desarrollar los proyectos.
Red Internacional de Bionanotecnología: CNyN UNAM + UABC + centros de investigación en Rusia y España + 23 empresas	Desarrollo de tecnología, patentamiento, transferencia de tecnología a empresas a través de la UNAM o de Bionag SAPI de C.V. (<i>spin off</i>).	Proyectos de la empresa <i>spin off</i> Bionag para tratamiento de enfermedades de ganado se apoyaron por FINNOVA + apoyo de redes temáticas del CONACYT	Colaboración muy activa para desarrollar tecnologías para tratamiento de varias enfermedades de humanos y animales. Se observan condiciones de falta de recursos económicos para la investigación. Necesidad de ser cuidadosos en lo que se refiere a las políticas internas de las instituciones de educación superior porque la vinculación con empresas sigue siendo mal vista por los burócratas. Mucha burocracia para transferir equipos de una institución a otra (tardaron casi un año). Faltan vinculaciones con el sector productivo. Actualmente, casi todas son con el sector académico.
UABC (Facultad de Medicina y Psicología) + empresas farmacéuticas y de dispositivos médicos	Prestación de servicios (validación de kits de diagnóstico), el último paso antes de poner el producto al	Participación en proyectos de PEI. Los fondos de la Secretaría de Salud. Más oportunidad a nivel nacional que a	No hay transferencia de tecnología. Las empresas vienen por un servicio, nada más. El sistema de evaluación de

	mercado. Validación de protocolo químico para someterlo a COFEPRIS. Genéricos intercambiables. Principalmente no llevan a cabo actividades innovadoras.	nivel estatal. Quantika (kits para diagnóstico de cáncer) + UTT (Universidad Tecnológica de Tijuana - escalamiento). El proyecto de corto plazo aunque planean seguir con la colaboración.	proyectos con deficiencias. La motivación para que los estudiantes participen en las colaboraciones con empresas, se ponen felices. Las OTTs entorpecen las cosas. Se tardan años en firmar convenios. Todo lo hace el investigador.
Centro Interdisciplinario de Investigación en <i>sechium edule</i> en México, A.C. (UNAM, INIFAP, COLPOS, Universidad Autónoma de Chiapas, Universidad Autónoma de Chapingo)	Investigación básica y aplicaciones finales enfocadas en problemas del consumidor	No, porque su entidad jurídica de A.C. no permite acceder a los fondos PEI/FIT/FINNOVA	Red de investigadores académicos que no se acercan con la industria. Las colaboraciones en la red son de carácter horizontal, no jerárquico. Lo que facilita la vinculación es tener objeto de estudio en común y la visión de resolver problemas prácticos del consumidor. La razón por no vincularse con industria es falta de confianza y ausencia de motivación para acercarse con ellos.

Fuente: Elaboración propia con base en las entrevistas hechas en febrero – mayo 2015.

Si bien es cierto que no es el requisito formal de las convocatorias de PEI (las modalidades INNOVAPYME e INNOVATEC) vincularse con una institución de educación superior y/o un centro de investigación (en PROINNOVA sí la vinculación es obligatoria), no queda del todo claro si el impulso que le dan al criterio de vinculación en la práctica efectivamente contribuye a generar dinámicas de circulación del conocimiento mediante las redes de colaboración en el área de biotecnología en el país.

Definitivamente, las reglas de operación de los programas del CONACYT tienen cierta influencia (explícita e implícita) en la forma en que se organizan las colaboraciones en los sectores que utilizan biotecnología. Esto no sólo afecta las estrategias de vinculación, pero también la parte sustancial de los proyectos.

“Con los investigadores me acuerdo allá, en el CINVESTAV, igual. Yo fui con casi todos los investigadores, oigan a ver ¿qué tienes tú de biología sintética? - No, yo nada. Yo no tengo nada de biología sintética. Ese concepto no lo manejo. - De repente hablé con una persona en el CONACYT: oigan, necesitamos impulsar esto de biología sintética. Y dice ¿por qué no metemos en uno de los FIT una parte de genómica y de biología sintética? Y que sólo los proyectos de biología sintética puedan entrar. Pero necesito que me consigues mínimo 30-40 proyectos de biología sintética en México en una semana. - Nombre, yo tengo tres. Porque todos los demás no hacen biología sintética. Bueno, les mandé un comunicado a todos. Oigan la cosa está así, va a haber apoyo a proyectos de este tipo, sólo a proyectos de biología sintética y necesito que me manden un parrafito con lo que necesitan de dinero y tal. Tenía como 80 proyectos a final de la semana. De todos los que decían que no hay biología sintética se ajustaron mentalmente para meterse a la lista. Las reglas de operación pueden cambiarse como quieras. Los actores se van a cambiar y se van a ajustar a las reglas, siempre.”

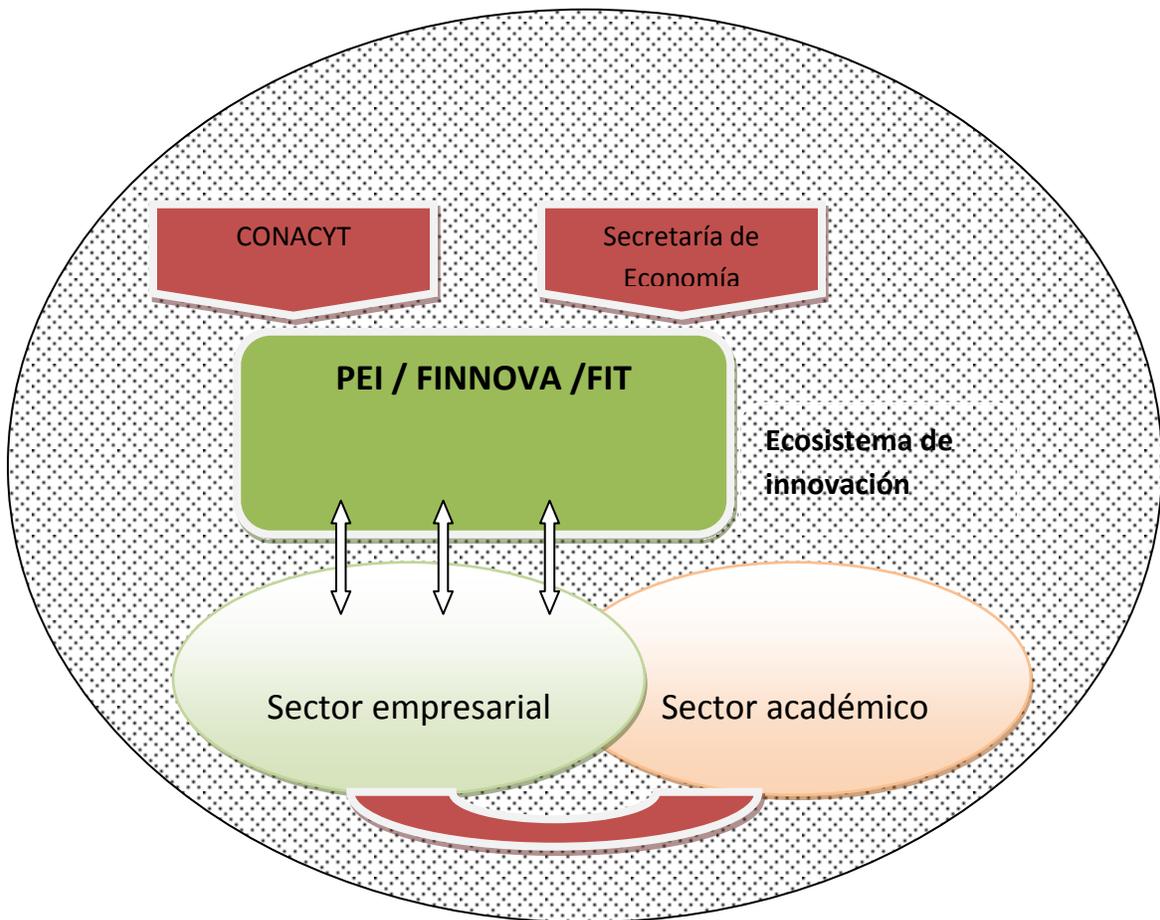
“En PEI 2009 – 2010 casi no hubo ningún cambio menos los montos, los porcentajes y todo eso. En 2011 es cuando hubo obligatoriamente vinculación. Todos se vincularon, todos. Hasta que los que no pensabas que se vincularan, se vincularon. Entonces, les cambias la regla de operación y se ajustan a la regla de operación.”

Sin embargo, los resultados de imponer el requisito de vinculación no siempre es el esperado. A veces sucede totalmente lo contrario: la empresa prefiere no vincularse y no meter su proyecto a las convocatorias del CONACYT a pesar de que pueda ser muy prometedor.

“Creo que a veces empujan las cosas mucho más rápido de lo que deberían. Que si es complicado vincularse con una institución, de repente que te obligan a vincularse con dos, es un problema muy fuerte porque la burocracia en la que estamos, no estamos preparados para decidir los proyectos y reaccionar de manera rápida. Entonces se la pasan revisando los convenios y qué va a hacer cada quien y qué te pido y qué me estás dando y por qué, eso todo complica mucho. Entonces los empresarios dicen, sabes qué yo no quiero batallar, prefiero no.”

De acuerdo con el marco teórico desarrollado en el capítulo 2, se puede identificar ciertos obstáculos e incentivos que explican el estado actual de la consolidación de las redes de colaboración en el ámbito de biotecnología que se derivan de los instrumentos de apoyo a ciencia, tecnología e innovación. En el Esquema 2 se visualiza la incidencia de la política en el establecimiento de las redes de colaboración. En el Cuadro 7 se resumen los elementos organizacionales observados en la literatura que están asociados a estos obstáculos e incentivos.

Esquema 2. Una aproximación gráfica a la interacción entre los instrumentos de política pública y las redes de colaboración en los sectores que utilizan biotecnología en México.



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. Elementos organizacionales que implican ciertos obstáculos e incentivos para establecimiento de las redes de colaboración en el área de biotecnología.

	Incentivos	Obstáculos
Propiedad intelectual	Cuando los derechos de propiedad intelectual están bien definidos, esto representa un incentivo necesario para que las grandes empresas establecidas se involucren en la cadena de innovación y obtengan las tecnologías que provienen de los CPI e IES.	En ausencia de las capacidades organizacionales para captar el conocimiento (obtener los derechos de propiedad intelectual, protegerlos y beneficiarse de ellos) impide que los actores entren en la colaboración.
Acceso a financiamiento	Financiamiento de los proyectos de I+D representa un incentivo fuerte para entrar en las redes de colaboración para los actores. Las ganancias y los estímulos económicos son parte del total de los incentivos que esperan obtener los actores en las colaboraciones.	La provisión de financiamiento da a los actores capacidad de imponer sus condiciones sobre el contenido de los vínculos de colaboración. Estas condiciones no siempre son aceptables para los contrapartes en las redes de colaboración, por lo que la oportunidad de vinculación se puede perder.
El producto esperado de colaboración	Desarrollar un producto, proceso o servicios novedoso y con impacto social representa un objetivo deseable tanto para el sector académico como para el sector empresario. La visión de impacto social ya se convierte en una norma entre los actores en el área de biotecnología.	Muchas veces se observa incompatibilidad entre las aspiraciones y necesidad del sector empresarial en términos de los productos que buscan desarrollar para el mercado y las aspiraciones del sector académico de lo que les interesa y lo que pueden desarrollar.
Los procedimientos administrativos	Los procedimientos administrativos claros y bien delineados generan certidumbre para los actores en las redes de colaboración.	Los procedimientos administrativos vagos y mal delineados generan incertidumbre sobre los riesgos y beneficios de la colaboración. Se hace más difícil responsabilizar la contraparte por obligaciones incumplidas.
La comunicación	La comunicación entre los	La falta de comunicación

efectiva	científicos académicos y el personal científico de las empresas contribuye a generar la confianza y, por lo tanto, propicia circulación de conocimiento	impide el desarrollo conjunto de proyectos. Esta falta puede ser asociada a poca movilidad de recursos humanos entre los sectores académico y empresarial.
----------	---	--

Fuente: elaboración propia.

3.1 El régimen de propiedad intelectual

El régimen de propiedad intelectual es un aspecto clave para el establecimiento de vinculación entre los sectores académico y empresarial. La definición y protección firme de los derechos de propiedad intelectual es absolutamente indispensable para que tanto los investigadores, como los empresarios se involucraran en las colaboraciones.

“Las grandes empresas establecidas no están interesadas en comercializar algún descubrimiento científico si no existe patente para ello. Las empresas tienen que estar seguras de que internacionalmente no va a haber ninguna empresa que vaya a competir con ellas y si compite, lo hace en condiciones justas.”

Las evidencias obtenidas mediante entrevistas dejaron claro que para el sector académico existe un dilema importante respecto a la propiedad intelectual: publicar un descubrimiento o patentarlo. Una vez se hace público el descubrimiento a través de un artículo académico o presentación, y si no se ha generado solicitud de patente, se puede considerarlo como desperdiciado porque lo más probable es que no habrán interesados en desarrollar este descubrimiento y llevarlo al mercado. Ahí se rompe el vínculo potencial que podría generar una red de colaboración (vertical, cuando los CPI e IES transfieren tecnología a las empresas dedicadas a biotecnología y, después, a las grandes empresas establecidas).

Afortunadamente, desde el inicio de la convocatoria de PEI se establecen reglas claras para la administración y negociación de la propiedad intelectual. Esto no es necesariamente

característico de las convocatorias de FINNOVA, según algunos testimonios de los entrevistados. La convocatoria FIT tampoco establece reglas claras desde el inicio aunque los entrevistados no mencionaron las reglas de estas convocatorias en sus comentarios.

“Como en PEI, es importante que en propiedad intelectual se establezcan reglas claras desde el inicio de la convocatoria para su administración y negociación ya que no hay parámetros.”¹⁵⁰

La incertidumbre sobre cómo se distribuyen los derechos de propiedad intelectual, definitivamente, representan un obstáculo fuerte para la vinculación. En gran medida esto depende de las capacidades organizacionales de ambas partes (academia e industria) para negociar los beneficios de la vinculación.

“Pero, por ejemplo, las industrias como Bimbo, que es muy grande a nivel mundial, hace poco desarrollo tecnológico. Sí hace colaboraciones pero quiere ofrecer muy poco. Se ha acercado con nosotros, y ofrecen muy poco por los desarrollos, y toda la propiedad intelectual busca que sea de ellos. Muchas veces ellos tienen la idea de lo que quieren, y en base en eso y con apoyo de CONACYT, buscan que toda la propiedad intelectual sea de ellos. Y no estamos de acuerdo porque el idear cómo hacerlo, cómo resolver los problemas, pues es el valor de la propiedad intelectual. Que la gente que piensa y resuelve problemas técnicos y encuentran nuevas formas a nivel mundial de hacer las cosas, son los que deben patentar la propiedad intelectual.”

En total, el salto cualitativo consiste en que se hagan patentar los descubrimientos y los desarrollos tecnológicos. El régimen de propiedad intelectual está bien definido, pero una política agresiva y proactiva de los actores intermediarios (sobre todo, las OTTs) tiene potencial de convencer y estimular a los investigadores del sector académico patentar los desarrollos tecnológicos prometedores en vez de publicarlas inmediatamente. Por lo tanto, lo importante es la capacitación de las OTTs y contratación del personal con formación especializada en las áreas de transferencia de tecnología y negocios.

¹⁵⁰ Pilares de la Innovación. “Estudio sobre oficinas de transferencia y comercialización de tecnología en México”. 2014. Reporte preparado por Pragmatec. p. 34.

“El régimen de propiedad intelectual no representa mayor problema. Entre los académicos se ve mal si uno piensa en la industria. Es muy criticada la actividad científica-empresarial.”

“Se necesita que los abogados que van a hacer toda la licitación, todo el trámite de tu patente entiendan de qué estás hablando, para que lo puedan proteger bien, para que te digan «oye mira, existe esta otra patente de estos otros fulanos, pero si tu haces rápido este experimento ahora podemos proteger tu descubrimiento así, en vez de así». Y el otro, el investigador, tiene que entenderlo también, o sea no hay que dejarlo sólo a la oficina de transferencia. Tiene que saber leer patentes y saber leer las leyes internacionales.”

“Yo creo que el gobierno está empujando hacia allá, pero sí me parece que sí necesitamos gente que comercialice tecnología. Creo. Y no hablo de oficinas de transferencia, porque estas sí existen. Yo, por ejemplo, estoy buscando a alguien para que trabaje conmigo, pero es difícil, ¿por qué? Porque tiene que tener perfil súper técnico, se tiene que saber de nanotecnología, primero, dónde venderlas, las nanopartículas, dos, hacia dónde movernos, o sea la persona con conocimiento de mercadotecnia tiene que decirnos hacia dónde tienen que guiarse nuevos desarrollos, por lo cual debe ser alguien muy especializado. Y tres, tiene que saber vender.”

3.2 Acceso a financiamiento.

De acuerdo a los testimonios de los entrevistados, el apoyo financiero de los programas PEI, FINNOVA, FIT era sumamente importante para que se establecieran los vínculos entre los otros actores en la industria y la academia. Si realmente este apoyo fue lo que detonó la vinculación, no está del todo claro. Los negocios no hubieran invertido en el desarrollo tecnológico sin el apoyo de los fondo públicos porque los costos de los insumos para la investigación, del capital humano, de la maquinaria, etc. son muy elevados. El aspecto importante que destacan los entrevistados es que los recursos les llegan como dinero a fondo perdido. Los entrevistados afirman que no existe falta de capital, sino las condiciones con las cuales este capital se presta no son satisfactorias para las empresas. Por lo tanto, la inversión pública sustituye en gran parte el capital privado que podría haber sido invertido.

“Para nosotros ha sido, la verdad, el CONACYT ha sido la mano derecha para desarrollar los proyectos. Sin ellos no nos hubiéramos desarrollado. Es un hecho. Definitivamente.”

Por el otro lado, existen ciertas dudas de la justificación de dar los recursos financieros a fondo perdido. Las empresas ajustan sus proyectos para poder “bajar” los fondos estatales, pero dejan de ver la perspectiva de largo plazo y enfocarse en proyectos de alcance más amplio. Las empresas prefieren desarrollar aplicaciones más sencillas que pueden ser usadas inmediatamente en vez de involucrarse en investigación de tecnologías de punta que se caracterizan por niveles de incertidumbre muy altos.

“Lo que estamos buscando últimamente es hacer aplicaciones más sencillas que puedan meterse a la industria rápidamente, en lo que nosotros seguimos desarrollando nuestro primer enfoque, que es biomedicina.”

“Eso de regalar el dinero es mentalmente muy diferente. La empresa está esperando para ver qué fondo de CONACYT va a salir para hacer ese proyecto. Y eso no es sano porque en lugar de estar pensando en cómo generar el valor y generar un proyecto que a la larga te haga crecer y puedas tú reinvertir en tal, te hace pensar a ver cuando va a salir el fondo y qué porcentaje dan y a ver a cuál le meto porque en este dan 60% y en el otro 70%. Y creo que no es sano a largo plazo.”

“Y todo el mundo hace fiesta cuando les den un fondo. Pero yo no he visto que hagan fiesta cuando vendan el producto al mercado”.

3.3 Productos esperados de colaboración.

Mientras cada vez más instituciones educativas y empresarios asumen la generación del impacto en la sociedad como objetivo deseable de su interacción, esto todavía no significa que se genere un empate entre las aspiraciones y necesidades de los empresarios respecto a los desarrollos tecnológicos y las aspiraciones e intereses del sector académico respecto a sus líneas de investigación. Una limitante muy fuerte en el caso de las redes estudiadas fue la escasa demanda externa por parte de los desarrollos tecnológicos que se realizan en los centros de investigación e instituciones de educación superior. Esto está relacionado a las

condiciones del nivel macro que implican que el tamaño del mercado, la cantidad de productores en el ecosistema de innovación en México aún están muy limitados.

“Se desarrolló un proyecto para sacar alevines de lenguado. Pero no hay quien produzca lenguado afuera. Y mientras no hay quien produzca, las personas no van a continuar. Se está trabajando un poquito con los colegas de aquí, de la UABC. Pero todavía no hay una producción muy fuerte. Y no hay productores que los engorden [lenguado]. Pues esta tecnología no se ha podido vender.”

“Si son servicios es mucho más fácil que lleguen al mercado, es más fácil su inserción [que de los productos].”

“El mercado es muy chiquito en México. Se necesita un cliente con necesidad. “Desarrollas un proyecto en nutrición y lo quieren sacar para vender en Farmacias de Ahorro y el potencial es de 4 000 000 pesos anuales. Pero él dice: me gasté 10 000 000 en investigarlo...”

Por el otro lado, los representantes de las OTTs de las IES y CPI apuntan a que existen muchos casos en los que los empresarios llegan a buscar soluciones técnicas para sus problemas muy concretos de producción, sin embargo, pueden ser de muy poco interés para los investigadores que prefieren desarrollar tecnologías con impacto más grande y más innovador.

En lo que se refiere a los proyectos de PEI, FINNOVA, FIT, se observan varios proyectos beneficiados que desarrollan tecnologías muy semejantes y complementarias. Varios de los entrevistados expresan sorprendimiento de que los proyectos no se vinculan entre sí. Por lo general, la estructura de las colaboraciones que se establecen mediante estos proyectos incluye una empresa que colabora con uno o más IES y CPI. En teoría, estos proyectos compiten entre sí, aunque también podrían haber establecido colaboraciones. En general, se observa cierta dispersión de los fondos PEI, FINNOVA y FIT dado que, por un lado, apoyan un número significativo de proyectos competidores, pero, por el otro lado, se observa falta de la demanda por desarrollos tecnológicos prometedores. Una redistribución de los recursos, integración de los proyectos con visión más amplia y de largo plazo permitirá

optimizar el ejercicio de los recursos públicos y fomentar establecimiento de mayor cantidad de vínculos entre todos los actores del sistema de innovación en el área de biotecnología.

Adicionalmente, un aspecto crucial del establecimiento y consolidación de las redes de colaboración es vinculación no sólo entre las IES y CPI con las empresas, pero también las vinculaciones entre las empresas pequeñas y medianas dedicadas a biotecnología y las grandes empresas establecidas en varias modalidades de la vinculación. En México lo que se observa es que este tipo de vinculación es el más débil. Prácticamente, las empresas pequeñas innovadoras prefieren desarrollar su propio camino y crecer como una empresa con toda la cadena de producción en vez de transferir la tecnología a una empresa grande. En cada caso las razones son diferentes. Algunas de ellas son las que se pueden derivar de los testimonios de los entrevistados:

“Nuestro caso es diferente. No hay una empresa grande que nos jale. Lo que hemos encontrado definitivamente es un tope, en donde la empresa grande somos nosotros a pesar de que somos una PYME. Nosotros tenemos que jalar a todo el sistema como tal. Como tal, el desarrollo de nanotecnología, de una aplicación final o el valor agregado de una aplicación final va desde la materia prima, un desarrollo intermedio, y un desarrollo final en la aplicación para un cliente digamos. Nosotros cuando empezamos la empresa íbamos muy enfocados a desarrollar digamos el primer escalón de la cadena de valor, que es la materia prima, que es nanopartículas. Y hay muchas instituciones que hacen investigación básica: cómo producir las nanopartículas. Pero nosotros ya las producíamos. Entonces no nos podríamos apoyar unos a otros para avanzar al siguiente escalón. Ahora estamos en la segunda etapa de producir las nanopartículas funcionalizadas. Y el tercer paso es la aplicación, es lo que estamos buscando – el diagnóstico con la UNAM y cancerología en México. Nosotros teníamos que abarcar toda la cadena de valor, es decir desde la producción de la materia prima, la funcionalización de la materia prima y la aplicación de la materia prima. Faltará ver el cliente final, hacia donde íbamos.”

“Nuestra empresa no apuesta por generar una patente y venderla a grandes empresas. Nuestro modelo es diferente. La innovación es más bien a nivel de negocio. Es crear capacidad de producción y expandirse a otros mercados.”

3.4 Los procedimientos administrativos.

Estos se refieren a los procesos burocráticos que un investigador o un empresario tiene que pasar para poder establecer vínculos formales o informales con otros actores. En particular, son los requisitos para llenar solicitudes, obtener firmas del personal directivo, etc. A partir de las experiencias de los entrevistados se puede inferir que tiene lugar un proceso de aprendizaje en el que las personas aprenden a cumplir con los requisitos administrativos y ya no los ven como obstáculo para vinculación. En lo que se refiere a las convocatorias de PEI, FINNOVA, FIT, los participantes afirman que inicialmente los trámites administrativos representan un gran reto para ellos en lo que se refiere al tiempo y los costos de oportunidad. Sin embargo, empezando con la segunda vez que participan y adelante, los trámites administrativos dejan de representar problema para ellos porque aprenden a optimizar el tiempo y los costos.

“La complejidad administrativa no es tanto la cuestión porque es difícil solo por la primera vez llenar los formatos necesarios para la transferencia de tecnología. Luego ya se aprende cómo hacerlo. Los científicos son muy conservadores, no les gusta moverse de donde están porque era difícil llegar allá. Por eso tienen que apoyarse con las oficinas de transferencia tecnológica. Generalmente lo que buscan los científicos es que alguien les de un premio y un grant para la investigación. No buscan comercializar la tecnología.”

“Yo te puedo decir que el año pasado que teníamos dos proyectos, sí nos quitaba alguna parte el 70% del tiempo. Este año viendo esto dijimos, oye pues estamos enfocándonos en hacer los proyectos en lugar de estar enfocándonos en lo que tenemos que desarrollar. Entonces nuestra idea es que nos quite solamente 25% del tiempo.”

“Los tiempos, supongo que con esto han de tener problemas las empresas. Yo no. Yo lo hago por adelantado. Yo ya he aprendido a que acabo el proyecto y hasta que lo acabo, bueno, no lo acabo, pero voy a la mitad, lo meto. Si veo que no, no lo meto. ¿Por qué? Porque si no, va a ser una complejidad... no los terminan! Por lo que tú me digas. Porque tienen muchos cargos de trabajo los investigadores, porque ya tienen que hacer otra cosa, porque ya tienen otros intereses también, porque se le descompuso el microscopio, porque... Definitivamente los tiempos de la academia son muy diferentes a los tiempos de la empresa. Totalmente. No tiene nada que ver una cosa con otra. Y creo que ni siquiera no hay en general una sensibilidad. Yo creo que los investigadores te podrán decir que si hay sensibilidad, pero en mi experiencia pueden decir que sí, pero yo no la veo. Van a otros tiempos. Se cierra la

universidad – se cierra. Hay que perseguirlos, convencerlos. No te lo entregan [el resultado de investigación] y qué haces? ¿Te vas a pelear con ellos? ¿Vas a perder el tiempo y el dinero? Pues no, porque aparte el dinero viene del CONACYT. ¿Qué les haces? No se puede hacer nada.”

“Creo que allí es donde he aprendido de mis experiencias, yo les digo [a los investigadores académicos] que lo tengo que entregar este día, pero me faltan dos meses en la realidad. Si no, nunca lo entregarían a tiempo.”

3.5 La comunicación efectiva entre los sectores académico y empresarial.

La comunicación entre los sectores académico y empresarial definitivamente facilita la vinculación y representa fuertes incentivos para involucrarse en colaboración ya que contribuye a generar confianza entre ambas partes y aprendizaje de manera conjunta. Principalmente, la movilidad laboral contribuye a desarrollar un lenguaje común entre el sector empresarial y académico y comprender los problemas y potenciales soluciones con impacto social.

En las redes identificadas los científicos del sector académico participan de una manera muy activa y tienen el rol principal en la definición de los proyectos que se someten a las convocatorias PEI, FINNOVA, FIT. Sin embargo, esto completamente depende de la iniciativa propia de los científicos y por parte de los programas gubernamentales no reciben incentivos a asumir liderazgo en la definición de los proyectos del sector productivo. Principalmente, el rol de los científicos del sector académico es pasivo porque para participar en convocatorias de PEI, FINNOVA, FIT se requiere contratar a los científicos para prestación de ciertos servicios pero no participar en la definición de la estrategia de la empresa a más largo plazo. No hay obligatoriedad de que las empresas cumplan con las recomendaciones de los científicos que reciben en términos de su colaboración (por ejemplo,

una asesoría técnica). Entonces, todo el proyecto puede estar en riesgo si no hay incentivos para que ambas partes cumplan con sus obligaciones y escuchen a sus contrapartes.

“A pesar de que yo desde el primer mes estuve insistiendo, yo como asesor no tenía ninguna injerencia de cómo obligar la empresa para que hiciera eso que hacía falta. Eran recomendaciones pero no se podía obligar la empresa seguirlas. Pues yo me quedé en que te recomiendo que haces esto, esto y esto. Muchas sí las hacían, pero otras – no. Entonces en la mayoría de las ocasiones cuando yo les decía les hace falta esto, esto y esto, así como que lo dejaban a un lado y hasta que yo no les decía: miren, la siguiente vez no lo hicieron y aquí están las consecuencias de que no lo hicieron, entonces ya, había un cambio de actitud. Entonces, los problemas que tuvimos allí es de un apoyo y de falta de un seguimiento una vez que se había terminado el proyecto. Entonces, yo considero que debe haber un como compromiso por parte de las empresas y un seguimiento del apoyo y una obligación para las empresas de seguir las recomendaciones que se hacen.”

3.6. Discusión de los resultados.

A partir de los datos empíricos obtenidos de los casos de redes estudiadas se puede observar que la política de ciencia, tecnología e innovación mediante sus instrumentos tales como son PEI/FIT/FINNOVA crean ciertos incentivos y obstáculos que determinan el modo en que se desarrollan estas redes en los sectores que utilizan biotecnología. Estos incentivos y obstáculos pueden resumirse de la siguiente manera:

- Las empresas micro, pequeñas, medianas y grandes reciben estímulos económicos para introducir innovaciones de biotecnología productiva al mercado con el requisito obligatorio (o fuertemente sugerido) de vincularse con las instituciones de educación superior o centros de investigación;
- los centros de investigación y las instituciones de educación superior se ven incentivados a colaborar con la industria recibiendo una parte de los recursos otorgados al desarrollo de proyecto;

- se estimula competencia entre proyectos y dispersión de recursos: el apoyo llega a un número significativo de proyectos que compiten entre sí, o sea desarrollan tecnologías semejantes y complementarias;
- se estimulan los vínculos de baja complejidad (asesorías técnicas, prestación de servicios, validación de tecnologías, etc.). Las redes donde haya vínculos de alta complejidad (transferencia de tecnología o contratos de I+D en conjunto) son escasas;
- los actores intermediarios se van fortaleciendo ya que acumulan experiencia de gestión de proyectos de PEI, FINNOVA, FIT y reciben poco a poco la capacitación necesaria para verdaderamente representar intereses de ambos sectores y facilitar la vinculación entre ellos;
- los instrumentos de política pública no logran incentivar a las grandes empresas establecidas tales como farmacéuticas, incluso internacionales, recurrir a sistemáticamente colaborar con los centros de investigación, instituciones de educación superior y empresas pequeñas nacionales. El desarrollo de tecnologías sigue siendo más rentable en el extranjero. Entonces, las redes de colaboración que se establecen en México carecen de los nodos importantes: las grandes empresas con capacidades de escalamiento y producción. Las empresas pequeñas y medianas escogen la estrategia de mantener toda la cadena de producción bajo su techo organizacional y así cortan los vínculos posibles con las empresas grandes y limitan el crecimiento de las redes de colaboración;
- en el eslabón de las empresas pequeñas y medianas dedicadas a biotecnología se generan numerosos vínculos con los CPI e IES pero los vínculos son aislados y débiles: hay poco compromiso entre los científicos académicos y empresariales y depende en gran medida del compromiso y las relaciones en el nivel interpersonal;

- los académicos reciben escasos incentivos para involucrarse en las redes de colaboración. Buscan colaboraciones activamente por su iniciativa propia (“amor al arte”), pero las políticas de las instituciones siguen castigando estas vinculaciones en muchos casos.

Los programas públicos de CTI que sirven como mecanismos intermediarios entre los sectores académico y empresarial naturalmente definen las reglas de interacción entre los actores a través de los elementos organizacionales descritos en el Cuadro 7. A continuación se explora la configuración de estos elementos con los incentivos y obstáculos identificados por los actores que constituyen las redes de colaboración estudiadas en el trabajo de campo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Síntesis de los incentivos y obstáculos identificados en las redes de colaboración.

	Incentivos	Obstáculos
Propiedad intelectual	La convocatoria de PEI establece reglas claras para la administración y negociación de la propiedad intelectual, lo que desde el punto de vista de los entrevistados, facilita la vinculación.	La insuficiente valorización de los resultados de investigación que se lleva a cabo en los CPI e IES desincentiva estos actores vincularse con los actores empresariales.
Acceso a financiamiento	La existencia de los programas de apoyo a la innovación ha inducido ciertas empresas involucrarse en las actividades de IDTI. Sin existencia de estos fondos las empresas no hubieran podido vincularse con el sector académico por los altos costos asociados a las actividades de IDTI.	Las condiciones con las que las empresas pueden utilizar los fondos estatales los llevan a enfocarse en proyectos de menor alcance lo que impide el establecimiento de vínculos de alta complejidad con los IES y CPI.
El producto esperado de colaboración	Tanto los actores del sector académico como del sector empresarial adquieren cada vez más la visión de impacto social y entienden la necesidad de	Existe falta de demanda por los productos y servicios biotecnológicos por parte de los usuarios externos. Además, existe cierta

	involucrarse en las actividades de IDTI para generar productos y servicios con alto valor agregado.	descoordinación de las actividades de IDTI de varias empresas en vinculación con IES y CPI ya que desarrollan tecnologías semejantes o complementarias pero en ausencia de una estrategia global del desarrollo del sector no encuentran incentivos de juntar los esfuerzos, sobre todo con otras empresas de base tecnológica.
Los procedimientos administrativos	Se observa un proceso de aprendizaje individual y organizacional cuando los investigadores y los empleados de las OTTs aprenden a llenar los formatos necesarios para patentar, solicitar fondos, etc.	La falta de tiempo para cumplir con los requisitos administrativos desincentiva a algunos investigadores o empresarios involucrarse en vinculaciones con sus contrapartes. La cantidad de los trámites tales como obtención de firmas, aprobaciones del personal directivo, etc., todavía representa obstáculo para la vinculación.
La comunicación efectiva	Existe comunicación efectiva entre los científicos empleados en el sector académico y en el sector empresarial. Ambos se perciben como colegas de pleno derecho y tienen mayor interés en desarrollar proyectos de IDTI de manera conjunta. La movilidad laboral entre estos sectores también ayuda a establecer colaboraciones.	Se observa falta de obligatoriedad de la comunicación constante entre los académicos y empresariales que están vinculados en términos de los proyectos del CONACYT. Los investigadores del sector académico encuentran dificultades para obligar las empresas cumplir con sus recomendaciones respecto al desarrollo de los proyectos. Los empresarios perciben dificultades para obtener resultados plausibles y en tiempo establecidos de investigación por parte de los académicos.

Fuente: elaboración propia.

La política pública de ciencia, tecnología e innovación en México se enfrenta a un dilema importante: los recursos escasos y la necesidad de impulsar la innovación y el desarrollo tecnológico en múltiples sectores, todos con sus especificidades. Mientras que es cierto que no siempre es razonable ni posible diseñar programas específicos para cada sector, para algunos áreas como la biotecnología (que ni siquiera no se considera como un sector sino una tecnología transversal que se utiliza en un espectro amplio de industrias) es necesario impulsar instrumentos específicos dado su amplio impacto. El desarrollo de productos biotecnológicos requiere de condiciones especiales (visión y apoyo de largo plazo, esfuerzos particulares de vinculación, entre otros). Comprender su impacto y sus especificidades otorga lecciones importantes para afinar los instrumentos genéricos y, eventualmente, pensar mecanismos específicos de política pública para este área de conocimiento.

Definitivamente, los tres instrumentos de política de ciencia, tecnología e innovación identificados tienen incidencia en la consolidación de las redes de colaboración en biotecnología. El Fondo de Innovación Tecnológica (FIT CONACYT – Secretaría de Economía), Fondo Sectorial de Innovación (FINNOVA CONACYT – Secretaría de Economía) y Programa de Estímulos a Innovación (PEI CONACYT) son programas que buscan convertir la tecnología en nuevas oportunidades de negocio de alto valor agregado. Son instrumentos genéricos que fomentan todas las innovaciones tecnológicas. Al mismo tiempo, estos instrumentos no van dirigidos a resolver los problemas de interrelación que se dan en el área de biotecnología.¹⁵¹

¹⁵¹ Esto porque el dilema no está sólo en lo que en México se entiende por vinculación (relación entre empresas y universidades), sino también en la interrelación entre empresas del sector y las diversas maneras de crear conocimiento (que puede ser interno a la empresa). (Arellano, Lepore, 2014).

El sector de biotecnología es particularmente sensible a los altos niveles de incertidumbre de sus resultados, al tiempo muy largo de desarrollo de productos, a la necesidad de conocimiento avanzado de varias disciplinas, y a la presencia del conflicto del interés sobre la propiedad intelectual, entre otros. En general, los instrumentos analizados no enfrentan directamente ninguno de estos problemas de interrelación. Sólo proveen un incentivo material para el sector productivo pero con visión de corto plazo y sin estrategia integral. Los empresarios difícilmente encuentran un lenguaje común con los investigadores, y las oficinas de transferencia tecnológica aún no tienen capacidades para ser intermediarios efectivos en este proceso. Entonces, parece ser necesario discutir posibles alternativas para las modalidades de PEI/FIT/FINNOVA que existen en la actualidad. Una alternativa que se puede imaginar es crear una modalidad específica del PEI, dirigida a biotecnología productiva, que no sea genérica, pero tome en cuenta las especificidades del sector.

Finalmente, es necesario reconocer que las iniciativas de la política pública identificadas, en realidad, son mecanismos de intermediación que tienen como su propósito generar confianza y flujo de conocimientos entre los actores del sistema nacional de innovación, incluso los de la biotecnología productiva. Estos programas se basan en las demandas de los usuarios externos del conocimiento (las empresas, en particular).¹⁵² Un rasgo esencial de estos programas es su neutralidad en la selección de los agentes apoyados. Los criterios de selección neutralizados permiten que los actores con mayores capacidades organizacionales para “bajar los fondos” acumulen la mayor parte de los recursos.¹⁵³ Cuando las prioridades del sistema de innovación nacional no están bien definidas, los actores con

¹⁵² Stezano, *Construcción de redes de transferencia ciencia-industria en el sector de biotecnología en México. Estudio de caso sobre vinculaciones tecnológicas entre investigadores de CINVESTAV Irapuato y LANGEBIO y empresas del sector agro-biotecnológico*, p.33.

¹⁵³ Ibidem.

mayores capacidades y potencial de generar conocimiento básico y aplicado que puede tener alto impacto en la sociedad, se quedan sin los apoyos de los mecanismos intermediarios. Aunque busquen o no busquen obtener estos apoyos, el sistema no tiene capacidad de detectarlos oportunamente e incluirlos en las dinámicas de las redes de colaboración.

Este punto puede ser ilustrado por el argumento de Darby, Zucker y Armstrong que estudiaron la comercialización del conocimiento en el ámbito de biotecnología en los Estados Unidos.¹⁵⁴ Lo que encontraron estos autores es que el éxito del desarrollo de la industria biotecnológica está en gran medida determinada por la inclusión al sector empresarial, o participación muy activa, de los científicos “estrella” de los CPIs e IES. En particular, el éxito no fue resultado de *spillover* del conocimiento tácito generalizado desde universidades hacia las empresas, pero se destacaba el rol principal de los científicos “estrella” que se encargaron muy activamente a desarrollar sus descubrimientos. Desarrollarlos implica que los científicos académicos estaban verticalmente integrados a las empresas tanto dedicadas a biotecnología, como grandes empresas establecidas. Estos científicos trabajaron en los laboratorios de las empresas junto con los empleados de estas empresas, publicaron artículos en coautoría con ellos, recibían parte de acciones de empresas como compensación y tenían contratos de exclusividad con estas empresas. De tal manera, las empresas captaban el conocimiento tácito y codificado de manera suficiente para compensar los costos enormes del desarrollo comercial de los descubrimientos científicos en el área de biotecnología.

La observación anterior permite hipotetizar que los mecanismos de intermediación que están enfocados a incentivar el aprovechamiento de los desarrollos científicos en biotecnología por el sector empresarial deberían tomar en cuenta la necesidad de la empresa

¹⁵⁴ Lynne G. Zucker, Michael R. Darby, Jeff S. Armstrong. Commercializing Knowledge: University Science, Knowledge Capture, and Firm Performance in Biotechnology. *Management Science*, 48(1), 2002, pp.165-167.

captar el conocimiento en medida suficiente para que sea de interés para ella comercializar este conocimiento. El bajo nivel de compromiso entre los científicos del sector académico y las empresas podría ser uno de los puntos para tratar por los programas públicos de CTI. Estos instrumentos deben reconocer el rol principal de los científicos “estrella” para desarrollar sus descubrimientos hacia las aplicaciones finales. Los estudios de las redes de colaboración ciencia – industria en México apoyan esta hipótesis con las observaciones de los casos aislados de las redes exitosas. La construcción de estas redes ha sido resultado de esfuerzos y entusiasmo de los científicos “estrella” mexicanos con apoyo de algunos programas públicos de CTI y organizaciones intermediarias.¹⁵⁵

Los hallazgos de la presente investigación sugieren recomendar una modalidad específica de los instrumentos de fomento al desarrollo tecnológico e innovación para el sector de biotecnología en México. Las características de esta modalidad podrían ser las siguientes:

- incentivos adecuados para involucrarse en las redes de colaboración tanto para los científicos académicos, como para los empresarios. Actualmente, los instrumentos están sesgados hacia los empresarios por lo que no se logra involucrar a los académicos de manera sustentable;
- incentivos para la colaboración entre los proyectos semejantes y creación de demanda por los proyectos con impacto grande y visión de largo plazo;

¹⁵⁵ Véase los casos del CINEVESTAV Irapuato y LANGEBIO en su vinculación en el sector agro-biotecnológico en Stezano, *Construcción de redes de transferencia ciencia-industria en el sector de biotecnología en México. Estudio de caso sobre vinculaciones tecnológicas entre investigadores de CINEVESTAV Irapuato y LANGEBIO y empresas del sector agro-biotecnológico*, pp. 21-32.

- incentivos para las empresas grandes establecidas involucrarse en mayor medida en las colaboraciones con el sector académico nacional y con las empresas nacionales dedicadas a biotecnología.

Falta destacar también que, en el sentido más amplio, México tiene que pasar a las políticas “de la tercera generación” en términos de la OCDE, lo que implica no sólo fortalecer la oferta y la demanda de las actividades de IDTI, pero cambiar el gobierno “desde adentro”. Es indispensable asegurar la coordinación de las políticas de varias instancias gubernamentales tanto en el nivel horizontal (en diferentes áreas de política), como a nivel vertical (entre entidades federales, estatales y municipales). La normatividad incompatible que, por un lado, incentiva generación de ciertos productos, procesos y servicios biotecnológicos y, por el otro lado, inhibe su inserción al mercado nacional todavía tiene lugar en México. Los conflictos entre varias instancias gubernamentales bloquean desarrollo de algunos proyectos que implican el uso de biotecnología.¹⁵⁶ Las políticas institucionales que, por un lado, incentivan a los científicos participar en las colaboraciones con el sector empresarial, pero, al mismo tiempo, los castigan todavía siguen siendo realidad. Los procesos no transparentes de evaluación de los proyectos permiten que el financiamiento llega a los proyectos que carecen de algún desarrollo tecnológico novedoso. En total, es necesario revisar las incongruencias de varias políticas públicas para que sea posible la verdadera vinculación

¹⁵⁶ Un ejemplo de esto fue mencionado en una de las entrevistas: “Se pelean entre las mismas instituciones gubernamentales. Hay pleitos entre, por ejemplo, Conapesca e Inapesca. No pueden hacer cosas juntas. Tienen intereses diferentes y no hay voluntad para conjuntar esfuerzos. Yo perdí mucho dinero tratando de hacer este conjunto porque la parte, por ejemplo, del Instituto Nacional de la Pesca de la SAGARPA trata con la parte de investigación, y la Conapesca trata con la parte de producción. Entonces, Conapesca es como gerente de muchas granjas de producción. Entonces, nosotros fuimos con una propuesta por parte de la Inapesca y de nosotros a que dabamos un monto para activar una granja de trucha en Chihuahua. ¡No quisieron! Te estoy dando el dinero para impulsar esta granja e investigación en recursos genéticos de la trucha. Y no quisieron. Prefirieron cerrar granjas.”

entre los sectores académico y empresarial, para que se permeen las fronteras para la circulación del conocimiento y de los recursos humanos entre ellos.

Conclusiones

La presente investigación tiene como objetivo establecer cuál ha sido la incidencia de la política pública de CTI en el establecimiento y consolidación de las redes de colaboración en el área de biotecnología en México. A partir del análisis de algunos casos de las redes que se establecieron con distinto grado de complejidad y éxito de sus actividades, se sostiene que los instrumentos del CONACYT (el Programa de Estímulos a Innovación, el Fondo de Innovación Tecnológica y el Fondo Sectorial de Innovación) crean ciertos incentivos y obstáculos para la consolidación de estas redes. Por un lado, crean incentivos materiales para el sector empresarial en forma de subsidios al desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios biotecnológicos con el requisito de tener vinculación con instituciones de educación superior y los centros públicos de investigación. Por el otro lado, crean obstáculos para generar la vinculación a largo plazo porque apoyan los proyectos aislados que carecen de estrategia integral del desarrollo del sector. Esto implica que los instrumentos van dirigidos a apoyar proyectos que se pueden traslapar, repetir y contraponer, en vez de incentivar que los proyectos vayan en la misma dirección o se junten en planes más grandes y ambiciosos. Además, estos instrumentos no resuelven los problemas naturales de la colaboración en el sector: la incompatibilidad de la cultura organizacional de los actores involucrados (industria y academia) y la dificultad de establecer las relaciones de confianza. Por lo tanto, crean incentivos perversos para los actores: “bajar los fondos estatales” en vez de generar las

relaciones estrechas entre la industria y academia que son indispensables para el desarrollo del sector.

Para evaluar este argumento es posible discernir las implicaciones observables relacionadas tanto al éxito como al fracaso de algunas redes de colaboración en el sector de biotecnología en México. El modelo tradicional de las redes densas de colaboración que se establecieron en los *clusters* de biotecnología ubicadas en San Francisco, San Diego y Boston no existe en México por una gama amplia de razones que no se exploran en este trabajo. Lo que ha funcionado en México para impulsar el desarrollo en el sector (aunque muy modesto en comparación con otros países) es establecer los vínculos relativamente aislados entre las empresas y los centros de investigación. Entonces, el panorama de las redes de colaboración en México representa a los centros de investigación y universidades con muchos vínculos aislados con empresas, pero las empresas no vinculadas entre sí. Esto todavía se hace más evidente cuando se observa que el eslabón de las empresas grandes establecidas está ausente de estas redes de colaboración. En este tipo de vinculación se favorecen los proyectos de corto plazo y menos innovadores. Para el desarrollo de la tecnología de punta, altamente innovadora, son necesarios las dinámicas que incluyen vinculación tanto horizontal entre los actores del mismo sector (académico, empresarial) como vertical entre las instituciones académicas, las empresas dedicadas a biotecnología y las empresas grandes establecidas. El grado de densidad y consolidación de las redes tiene que ser mucho mayor que el que existe en el momento presente.

Las redes de colaboración que se establecen mediante los mecanismos intermediarios del CONACYT sí apoyan a generar nuevos productos, procesos y servicios para el mercado, pero no apoyan a sistemáticamente transferir la tecnología creada en los centros públicos de

investigación al sector privado para el escalamiento y la posterior comercialización, ni tampoco favorecen los proyectos de desarrollo de tecnologías de manera conjunta entre las empresas y academia (la modalidad de vinculación de alta complejidad).

Persiste fragmentación de los esfuerzos de los científicos académicos y los que trabajan en el sector privado.¹⁵⁷ En las redes de colaboración densas existe una comunicación efectiva tanto en el nivel interpersonal como en el nivel interorganizacional. La información sobre el mercado (sobre la demanda – *feedback*) circula constantemente, y las fallas de las empresas o de los proyectos también contribuyen a la generación de *feedback*. En las redes fragmentadas que existen en México, la información no llega de manera oportuna a los participantes y no genera aprendizaje.

Por el otro lado, los instrumentos del CONACYT favorecen los negocios pequeños que introducen productos, procesos y servicios con un bajo o moderado valor innovador. Son tecnologías secundarias, genéricas, que ya existen en el mercado mundial pero por algunas razones no se producen en el territorio mexicano. La estrategia de estos tipos de empresas no es crear propiedad intelectual pero explotarla e innovar a nivel de negocio, pero no a nivel de tecnología. Esto no le quita la importancia de estas empresas para el desarrollo tecnológico del país, pero su prevalencia es poco sustentable porque, por las características del sector de biotecnología, para mantenerse competitivo en el mercado las empresas tienen que innovar

¹⁵⁷ Los casos en que se puede observar estas tendencias son abundantes. Por ejemplo, la empresa Biohominis S.A. de C.V. era un *spin-off* de la UNAM para comercializar la tecnología creada en el Instituto de Biotecnología. La tecnología desarrollada por la empresa era altamente innovadora y asociada con un grado mayor de incertidumbre, o sea se intentaba seguir el modelo de innovación en biotecnología que se estableció en los países desarrollados. La empresa contaba con el apoyo de los programas del CONACYT mencionados. El resultado fue el fracaso de la empresa, pues estos instrumentos no están afinados para apoyar este tipo de empresas altamente innovadoras. Los recursos se tenían que gastar en un plazo muy corto y generaban una carga fiscal muy alta para la empresa. Por el otro lado, no hubo apoyo para generar demanda por la tecnología desarrollada. No hubo demanda suficiente en el mercado mexicano, ni se intentó acceder al mercado global. Faltó un esfuerzo de comercialización de la tecnología, por lo que era necesario conocer el *feedback* del mercado.

constantemente. Los casos de estas empresas que se apoyan con los recursos de los programas del CONACYT en biotecnología no son muy numerosas, pero su existencia es notable. En particular, se estudiaron los casos de Lotto Bio Nano Labs y T4 Oligo que son empresas establecidas en el estado de Guanajuato y que se vinculan con ciertos centros de investigación y generan algunos productos nuevos para el mercado mexicano.

El presente estudio permite observar que hacen falta los estímulos para la colaboración tanto vertical como horizontal en la industria biotecnológica en México. En lo que se refiere a la colaboración vertical, está ausente el escalamiento de tecnología desarrollada por el sector académico hacia el sector empresarial. En los casos estudiados, el sector académico que se vincula con la industria ejerce las siguientes funciones: préstamo de equipos para investigación, asesoramiento científico, validación de tecnología y otros servicios. La idea propia y el concepto de aplicación ya existe y sólo se explota o se desarrolla para obtener nuevas aplicaciones. Al mismo tiempo, las empresas grandes no participan en estas dinámicas porque tienen sus propios equipos y establecimientos para investigación que les conviene utilizar (frecuentemente en el extranjero). Entonces, se observa la falta de la dinámica vertical de colaboración. Los instrumentos del CONACYT promueven el ciclo completo de desarrollo de una tecnología bajo un sólo techo organizacional: la empresa dedicada a biotecnología, con el apoyo periférico del sector académico.

En lo que se refiere a la colaboración horizontal, esta también está ausente prácticamente. Los casos de I+D de manera conjunta entre las instituciones del mismo sector son escasos. Un caso prominente de la red horizontal es el Grupo Interdisciplinario de Investigación en *sechium edule* en México, A.C. (GIISEM). Está compuesta por investigadores de las instituciones de educación superior con el propósito de trabajar sobre

temas y objetos comunes y sacar productos para el beneficio de la sociedad con la visión del consumidor. Sin embargo, la colaboración no se extiende al sector privado por falta de incentivos. La asociación no cuenta con personal especializado en las temas de transferencia tecnológica y, por lo tanto, no tiene recursos suficientes para vincularse con el sector privado. La colaboración horizontal que se da dentro de la organización está aislada de los esfuerzos más amplios en la comunidad científica, tiene su lógica propia que no necesariamente es compatible con la lógica de organizaciones exteriores (sector empresarial). Los instrumentos del CONACYT en este caso no acceden a estas redes de los científicos porque por su naturaleza estas redes carecen de los fines de lucro (no son negocios privados).

Entonces, para recapitular, se observan las redes aisladas y fragmentadas (pocos vínculos y con baja estabilidad). El mayor peso de apoyo de los instrumentos cae en las empresas pequeñas y medianas que utilizan o desarrollan los productos y procesos biotecnológicos. Esto efectivamente apoya a introducir nuevos productos al mercado, pero los productos verdaderamente innovadoras, que potencialmente tienen origen en el sector académico, no se desarrollan y se quedan en las etapas de ciencia básica. De acuerdo con lo observado en los casos específicos de las redes de colaboración en México, los instrumentos genéricos de la política pública de CTI favorecen la creación de este tipo de redes pero su eficacia para promover las dinámicas de las redes densas y consolidadas es baja. Por lo tanto, se plantea la necesidad de generar una modalidad de PEI específica para la biotecnología productiva que tome en cuenta las particularidades y la importancia del sector y promueva las dinámicas sustentables de circulación de conocimientos mediante las redes de colaboración.

Bibliografía

1. Arias Ortiz, C. (2001), “Biotecnología moderna para el desarrollo de México”, México: D.F., Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
2. Bolívar Zapata, F. (2007), “Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna”, 2ª ed. México: El Colegio Nacional.
3. Cárdenas, S., Cabrero, E., Arellano, D. (2012), “La difícil vinculación universidad-empresa en México: ¿Hacia la construcción de la triple hélice?” 2ª ed. México, D.F.: Centro de Investigación y Docencia Económicas.
4. Didou, S., Remedi, E., *De la pasión a la profesión: investigación científica y desarrollo en México*, Casa Juan Pablo – Organización para las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. México: D.F., 2008.
5. Gerring, J. (2007), “Case Study Research: Principles and Practices”. USA: Cambridge University Press.
6. Gutman, G., Lavarello, P. (2014), “Biotecnología Industrial en Argentina. Estrategias empresariales frente al nuevo paradigma“, Buenos Aires: Gran Aldea Editores – GAE.
7. McKelvey, M. (2004), “The economic dynamics of modern biotechnology”, UK: Edward Elgar Publishing.
8. McKelvey, M., Orsenigo, L., Pammolli, F. *Pharmaceuticals analyzed through the lens of a sectoral innovation system*. En “Sectoral Systems of Innovation. Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe” editado por Franco Malerba. UK: Cambridge University Press, 2004.
9. Oliver, A. (2009), “Networks for Learning and Knowledge Creation in Biotechnology”, UK: Cambridge University Press.
10. Amaro Rosales, M., Robles Belmont, E., “Producción de conocimiento científico y patrones de colaboración en la biotecnología mexicana”. *Entreciencias* 1(2), pp. 183-195, diciembre 2013.
11. Arundel, A., Sawaya, D., Valeanu, I., “Human Health Biotechnologies to 2015”, *OECD Journal*, General Papers, vol. 2009/3, OECD, 2009.

12. Arza, V., Carattoli, M. (2012), “El desarrollo de la biotecnología y las vinculaciones público-privadas, una discusión de la literatura orientada al caso argentino”. Argentina: *Realidad Económica*, febrero 2012.
13. Corley, E., Boardman, C., Bozeman, B. “Design and the management of multi-institutional research collaborations: Theoretical implications from two case studies”. *Research Policy* 35 (2006).
14. De Gortari, R., “La circulación del conocimiento en una región industrial: el ejemplo de la industria metal mecánica en Querétaro”, México. *Espacialidades*. UNAM. pp. 4-21. 10 de septiembre de 2012
15. Eslami, H. (2011) “Effect of Collaboration Network Structure on Knowledge and Innovation Productivity: the Case of Biotechnology in Canada”. Thesis submitted at Concordia University, Montreal, Canada. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde http://spectrum.library.concordia.ca/36260/1/Eslami_MSc_S2012.pdf
16. Gottinger, H., Umali, C. (2008) Strategic Alliances in Global Biotech Pharma Industries. *The Open Business Journal*, 2008, No. 1, p. 10-24. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde http://strategicon.businesscatalyst.com/assets/gottinger_obusinessj.pdf
17. Lane, J., Flagg, J. “Translating three states of knowledge - discovery, invention and innovation”. *Implementation Science*, 2010, 5:9.
18. Oliver, A. “On the duality of competition and collaboration: network-based knowledge relations in the biotechnology industry”. *Scandinavian Journal of Management*, num. 20, 2004.
19. Perea, E. “Autorizar experimentos transgénicos a transnacionales hace a México más dependiente: Cibogem.” *Imagen Agropecuaria*, núm. 239, 13 de febrero 2011. http://imagenagropecuaria.com/revista/wp-content/uploads/2012/03/Bolet%C3%ADn_239.pdf
20. Powell, W., “Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology”, *Administrative Science Quarterly*, Vol. 41, No. 1, mar. 1996.
21. Powell, W., Koput, K., White, D., Owen-Smith, J. (2005) Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Interorganizational Collaboration in the Life Sciences. *American Journal of Sociology*, Vol. 110, No. 4 (January 2005): 1132-

1205. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde <http://www-personal.umich.edu/~jdos/pdfs/AJS.pdf>
22. Powell, W., Koput, K., Smith-Doerr, L. (1996) Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 41, No.1 (Mar. 1996), p. 116-145. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde www.jstor.org/stable/2393988
23. Powell, W. (1998) Learning from Collaboration: Knowledge and Networks in the Biotechnology and Pharmaceutical Industries. *California Management Review*. V. 40, No. 3, Spring 1998. Recuperado el 10 de octubre, 2014 desde http://woodypowell.com/wp-content/uploads/2012/03/7_Learningfromcollaboration.pdf
24. Pyka, A., Saviotti, P. (2001), "Innovation Networks in the Biotechnology-Based Sectors." University of Augsburg, Université Pierres Mendés France. Consultado en <http://www.wiwi.uni-augsburg.de/vwl/institut/paper/205.pdf>
25. Rampersad, G., Quester, P., Troshani, I. "Managing Innovation Networks: Exploratory Evidence from ICT, biotechnology and nanotechnology networks". *Industrial Marketing Management*. 39 (2010).
26. Reiss, T., Dominguez-Lacasa, I. "Indicators for benchmarking biotechnology innovation policies, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, sin fecha de publicación.
27. Saxenian, A. "Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128". *Cityscape: a journal of policy development and research*, vol. 2, num. 2, may 1996.
28. Saviotti, P., Catherine, D. "Innovation Networks in Biotechnology". En *Handbook of Bioentrepreneurship*, H. Patzelt, T. Brenner (eds.): Springer Science, 2008.
29. Schuelke Leech, B., "Innovation Finance: The Nexus of Public and Private Financing of Innovation", September 21, 2014. http://www.researchgate.net/publication/256060506_Innovation_Finance
30. Seawright, J., Gerring, J., "Case Selection Techniques in Case Study Research. A Menu of Qualitative and Quantitative Options", *Political Research Quarterly*, vol. 61, num. 2, June 2008, pp. 294-308.

31. Shuman, J., Twombly, J. (2008) Collaborative Network Management. An Emerging Role for Alliance Management. Vol. 6 in White Paper Series. Collaborative Business. *The Rhythm of Business*. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde http://www.healthtech.com/uploadedFiles/Conferences/White_Papers/ams/Collaborative_Network_Management.pdf
32. Stezano, F. “Construcción de redes de transferencia ciencia-industria en el sector de biotecnología en México. Estudio de caso sobre vinculaciones tecnológicas entre investigadores de CINVESTAV Irapuato y LANGEBIO y empresas del sector agro-biotecnológico”. *Estudios Sociales*, vol. 20, núm 39, enero-junio 2012.
33. Stezano, F., Millán, A., “Incentivos que encuentran los científicos mexicanos para adoptar relaciones de transferencia de conocimientos y tecnología con el sector empresarial”, *Sociológica*, vol. 29, num. 83, septiembre – diciembre de 2014.
34. Stezano, F., *Redes ciencia - industria para la transferencia en México, Estados Unidos y Canadá. Regímenes institucionales y tecnológicos y mecanismos de intermediación*. México: FLACSO, México, 2009.
35. Stezano, F. (2015) Monografía sobre la empresa StelaGenomics. CIECAS-IPN.
36. Stezano, F., Padilla, R. *Gobernanza y coordinación entre el ámbito federal y estatal en las instituciones y programas de innovación y competitividad en México*. Banco Interamericano de Desarrollo. Marzo 2013.
37. Thomson, A., Perry, J., Miller, T. (2007) Conceptualizing and Measuring Collaboration. *Journal of Public Administration Research and Theory*. Recuperado el 15 de octubre, 2014 desde <http://jpart.oxfordjournals.org/content/19/1/23.abstract>
38. Zucker, L., Darby, M., Armstrong, J. “Commercializing Knowledge: University Science, Knowledge Capture, and Firm Performance in Biotechnology”. *Management Science*, 48(1), 2002.
39. Chávez Lomelí, M., FCCYT. Grupo de Evaluación. Programa de Estímulos a la Innovación. Presentación 16 de abril de 2013. CONACYT. Recuperado de http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/grupo_trabajo/grupo_de_evaluacion/3/segunda_sesion/miguel_chavez_director_innovacion.pdf

40. Chávez Lomelí, M. Presentación “El Fomento a la Innovación en la Región Noroeste, 2009-2014”. México: CONACYT, 2014.
41. Corona Alcantar, J., “Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación: conceptos e instrumentos”, *Ide@s CONCYTEG*, 7 (80), Febrero 2012.
42. Herrera, N., Venegas, D. “Alianza CICESE Silanes, para la obtención de innovadores fármacos”. *TODoS@CICESE*. Sin fecha de publicación.
<http://gaceta.cicese.mx/ver.php?topico=breviario&ejemplar=129&id=1708>
43. Pratt, B., Loff, B., “Health research systems: promoting health equity or economic competitiveness?” *Bulletin of the World Health Organization*, 2012.
<http://www.who.int/bulletin/volumes/90/1/11-092007/en/>
44. BioBaja, Cluster de Bioeconomía de Baja California (2014), “Inventario de Capacidades Públicas y Privadas en Biotecnología. Reporte de Campo. Tijuana, Tecate, Ensenada, Mexicali”. Consultado en <http://biobaja.org/bio-economia.html>
45. Biotecnología y Biomedicina. Informe Sectorial 2013. Barcelona Treball y Biocat. Consultado en
http://www.biocat.cat/sites/default/files/Informe_tendencias_ocupacio_2013_es.pdf
46. Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica, Especialidad Medicamentos de Uso Humano. Consultado el 28 de junio de 2015 en
http://www.canifarma.org.mx/afiliados_usohumano.html
47. Congreso Nacional de Vinculación para la Competitividad. Oportunidades de investigación, desarrollo y vinculación. Querétaro, 27 de mayo 2003.
http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/vinculacion/prentacionespdf/9quimicaybiotecnologia/roblesprobiomed.pdf
48. CONACYT, 2015. Economía/CONACYT – Innovación. Consultado en
<http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-sectoriales-constituidos2/item/economia-conacyt-2>
49. CONACYT, 2015. Programa de Estímulos a la Innovación. Consultado en
<http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-y-apoyos/programa-de-estimulos-a-la-innovacion>

50. CONACYT. Presentación “El Papel de los Centros Públicos de Investigación en el PEI 2009-2013”.
<http://www.investigacion.ipn.mx/Proyectos/Documents/CONACYT.pptx>
51. CONACYT, 2015. Fondo de Innovación Tecnológica. Secretaría de Economía – CONACYT. Convocatoria 2015. Consultado en
<http://www.conacyt.mx/index.php/el-conacyt/convocatorias-y-resultados-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatorias-abiertas-se-conacyt-innovacion-tecnologica/convocatoria-2015-1/6586-bases-convocatoria-fit-2015/file>
52. Diario Oficial de la Federación, Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018, publicado el 30 de julio de 2014.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5354626&fecha=30/07/2014
53. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, Proyecto: bases para una política de estado en ciencia, tecnología e innovación en México. Versión para comentarios, México, mayo 2006, http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/bases.pdf
54. Legislative Council Secretariat, “Fact Sheet. Innovation and technology industry in Finland”. FSC41/13-14. Consultado en <http://www.legco.gov.hk/research-publications/english/1314fsc41-innovation-and-technology-industry-in-finland-20140902-e.pdf>
55. OECD (2006), “Innovation in Pharmaceutical Biotechnology. Comparing national innovation systems at the sectoral level.” OECD Publishing.
56. OECD (2012), “Knowledge Networks and Markets in the Life Sciences”, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264168596-en>
57. OECD Innovation Policy Platform, *Actor Brief: Higher Education Institutes*, consultado en <http://www.oecd.org/innovation/policyplatform/48373782.pdf>
58. Pragmatec, (2014), “Pilares de Innovación. Estudio sobre oficinas de transferencia y comercialización de tecnología en México”.
59. Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018, consultado en http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/images/PECiTI-2014_2018.pdf
60. ProMéxico, *Biotechnología*. Ciudad de México, mayo 2014.
http://mim.promexico.gob.mx/JS/MIM/PerfilDelSector/Biotechnologia/05052014_DS_Biotechnologia_ES.pdf

61. Secretaría de Economía, (2014). <http://www.economia.gob.mx/eventos-noticias/informacion-relevante/10482-boletin-conjunto14-0703>

Anexos

ANEXO 1. Las instituciones entrevistadas para la investigación.

Institución	Departamento / Área de Investigación	Ubicación
Sector Académico (Centros de Investigación, Instituciones de Educación Superior)		
Instituto Nacional de Medicina Genómica	Investigación Biomédica	D.F.
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional	Área de vinculación	Irapuato, Gto.
Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México	Secretaría Técnica de Gestión y Transferencia de Tecnología	Cuernavaca, Mor.
Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada	Departamento de Acuicultura, Unidad de Desarrollo Biomédico, Departamento de Biotecnología Marina, Oficina de Transferencia de Tecnología	Ensenada, B.C.
Universidad Autónoma de Baja California	Facultad de Medicina y Psicología, Facultad de Contaduría y Administración	Tijuana, B.C.
Centro de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México	Departamento Físicoquímica de nanomateriales	Ensenada, B.C.
Sector Empresarial		
T4 Oligo	Biomedicina	León, Gto.
Lotto Bio Nano Labs	Nanotecnología en medicina	León, Gto.
Sector Intermediario		

Asociación Mexicana de Biología Sintética, A.C.	Red de empresas e investigadores	D.F.
Axis Centro de Inteligencia Estratégica	Consultoría	Tijuana, B.C.
Cluster de Dispositivos Médicos	Coordinación del cluster de empresas	Tijuana, B.C.
Pragmatec	Consultoría	D.F.