

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA



Casa abierta al tiempo

Doctorado en Ciencias Económicas

**COOPERACIÓN TECNOLÓGICA INTERFIRMA Y EMPRESA-
UNIVERSIDAD: EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO EN MÉXICO**

Tesis que para obtener el grado de Doctor presenta Rodolfo García Galván

Directora de Tesis: Dra. Georgina Alenka Guzmán Chávez

México, D. F.

Diciembre de 2012

Agradecimiento

En primer término agradezco a la Universidad Autónoma Metropolitana (unidades Azcapotzalco, Iztapalapa y Xochimilco) que, mediante la Coordinación del Programa Integrado de Maestría y Doctorado en Ciencias Económicas, me permitió acceder a una parte del vasto conocimiento teórico y empírico de la economía que poseen sus profesores-investigadores. Asimismo, agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de México que, aún fungiendo como empleado administrativo, me dio las facilidades para dedicar el tiempo necesario a los diversos seminarios del programa, y que también me ha permitido incorporarme a la docencia. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su valioso apoyo financiero.

Mi agradecimiento especial a la Dra. G. Alenka Guzmán Chávez, directora de la tesis, que desde la fase protocolaria del tema de investigación mostró un gran interés por las cuestiones de la cooperación tecnológica interfirma, interés que luego se extendió a la cooperación empresa-universidad; asuntos estos que se discutieron en los seminarios grupales por varios trimestres en 2008 y 2009. Adicionalmente, el hecho de que ella haya compartido su larga experiencia en investigación, su conocimiento, su tiempo e importantes fuentes de información fue algo muy valioso para mí. También valoro mucho su paciencia, disponibilidad y perseverancia para que esta tesis llegara a un buen final.

En orden alfabético, al Dr. Arturo Lara Rivero, a la Dra. Eunice L. Taboada Ibarra y a la Dra. Lilia Domínguez Villalobos, quienes por medio de revisiones minuciosas, observaciones profundas, sugerencias y comentarios, especialmente a los últimos borradores de la tesis, aportaron mucho para el mejoramiento notable de este trabajo.

Dedicatoria

Dedico especialmente esta tesis y, esta etapa de mi vida, a mis hijos Vane y Dani por la espera y por su cariño desmedido. A mi esposa Maca por su comprensión y apoyo en los momentos difíciles y en las ausencias. A mi hermana Marta por estar siempre cerca.

A Lalo y a Juan Carlinhos por su valiosa amistad que se fue cimentando en los diversos seminarios del doctorado y en las amenas charlas que se daban en los pasillos de la UAM.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
--------------	---

CAPÍTULO I

LACOOOPERACIÓN TECNOLÓGICA: LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. La categoría de cooperación tecnológica	17
1.2. Tipos de cooperación tecnológica	22
1.2.1. <i>Importancia del conocimiento universitario en el desempeño de las empresas</i>	25
1.3. ¿Por qué la cooperación tecnológica?	28
1.3.1. <i>Externalidades y cooperación tecnológica</i>	33
1.3.1.1. <i>El contexto que ha propiciado una mayor colaboración empresa-universidad</i>	37
1.3.2. <i>Cooperación tecnológica y competitividad</i>	39
1.4. Justificación de la cooperación tecnológica en la economía institucional contemporánea	42
1.4.1. <i>Instrumentos institucionales globales para comprender la cooperación tecnológica</i>	49
1.5. La lógica de los derechos de propiedad intelectual en la cooperación tecnológica	52
1.6. Dificultades que entraña la cooperación tecnológica	54
Reflexiones finales del capítulo	57

CAPÍTULO II

LA COOPERACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO GLOBAL

2.1. Desarrollo del sector biotecnológico de la industria farmacéutica mundial en un entorno de desarrollo científico y tecnológico	61
2.2. Hechos estilizados que permiten delimitar un sector biofarmacéutico global	67
2.3. El ambiente de cooperación tecnológica que envuelve al sector biofarmacéutico mundial	73
2.3.1. <i>Colaboración de las firmas biotecnológicas con las grandes farmacéuticas tradicionales</i>	78
2.4. ¿Son más competitivas las firmas biofarmacéuticas que cooperan tecnológicamente?	85
Reflexiones finales del capítulo	91

CAPÍTULO III

EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO EN MÉXICO

3.1. Estructura industrial y concentración de mercado	93
<i>3.1.1. Dominio productivo y comercial de las firmas farmacéuticas transnacionales</i>	98
<i>3.1.2. ¿Podría la cooperación tecnológica mitigar la concentración de mercado?</i>	102
3.2. Indicadores de desarrollo tecnológico en México: I&D, patentes y transferencia de tecnología	106
Reflexiones finales del capítulo	114

CAPÍTULO IV

FACTORES QUE PROPICIAN O INHIBEN LA COOPERACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO DE MÉXICO

4.1. ¿Existen antecedentes de cooperación en el sector biofarmacéutico en México? El papel de la biotecnología	117
4.2. Algunos indicadores sobre la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico	123
4.3. Probabilidad de que ocurra la cooperación científica y tecnológica en el sector	132
<i>4.3.1. Metodología</i>	132
<i>4.3.2. Probabilidades de cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico</i>	136
<i>4.3.2.1. Probabilidad binomial y condicional para las firmas biofarmacéuticas que realizan actividades de colaboración científica y tecnológica</i>	139
<i>4.3.3. Empresas biofarmacéuticas mexicanas exitosas que colaboran tecnológicamente (análisis cualitativo)</i>	142
4.4. Análisis de resultados: factores que pueden explicar el nivel de la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional en el sector biofarmacéutico	147
Algunas reflexiones finales	154
CONCLUSIONES GENERALES	158
REFERENCIAS	168
Apéndices	

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. La lógica de la cooperación en las organizaciones</i>	20
<i>Figura 2. El proceso desde la cooperación tecnológica hasta la competitividad</i>	40
<i>Figura 3. Mecanismos globales de la cooperación tecnológica</i>	49
<i>Figura 4. Crecimiento mundial de los acuerdos de colaboración tecnológica, 1960-2000</i>	74
<i>Figura 5. Sector biofarmacéutico estadounidense: proporción porcentual de pequeñas y grandes empresas entre las empresas patentadoras</i>	86
<i>Figura 6. Tasa de crecimiento de la industria biofarmacéutica por país, 2008</i>	97
<i>Figura 7. Mayores empresas farmacéuticas en América Latina, 2008</i>	100
<i>Figura 8. Principales ámbitos de la innovación biofarmacéutica en México</i>	109
<i>Figura 9. México: comportamiento del patentamiento en el área médica</i>	110
<i>Figura 10. México: concentración de patentes por empresa biofarmacéutica, 1991-2007</i>	111
<i>Figura 11. Proporción de firmas biofarmacéuticas que consideran altamente significativas las fuentes externas para la innovación</i>	113
<i>Figura 12. Artículos de mexicanos publicados en las revistas científicas del ISI en áreas próximas a la biofarma</i>	125
<i>Figura 13. Artículos de mexicanos publicados en las revistas científicas del ISI en áreas próximas a la biofarma, con más de 10 citas</i>	126
<i>Figura 14. Tres indicadores del financiamiento a la I&D en los países de la OCDE, 2008</i>	149

ÍNDICE DE TABLAS Y CUADROS

<i>Tabla 1. Los tipos de cooperación tecnológica de las firmas y sus fines</i>	23
<i>Tabla 2. Rasgos sobresalientes de las propiedades del conocimiento</i>	28
<i>Tabla 3. Fines que se persiguen en las alianzas tecnológicas empresa-universidad</i>	36
<i>Tabla 4. Principales categorías institucionales para el análisis de la cooperación tecnológica</i>	50
<i>Tabla 5. Los derechos de propiedad intelectual en la ECT</i>	53
<i>Tabla 6. Comparación de las 10 principales firmas con el mayor número de acuerdos de colaboración en I&D (números entre paréntesis) en el sector biofarmacéutico</i>	79
<i>Tabla 7. Tipo de innovación realizada por las empresas farmacéuticas establecidas en México</i>	108

<i>Tabla 8. Características de la actividad innovativa en la industria farmacéutica establecida en México</i>	109
<i>Tabla 9. Clasificación de las instituciones biotecnológicas en México</i>	119
<i>Tabla 10. Patentes biofarmacéuticas otorgadas por la USPTO a firmas, universidades o centros de investigación mexicanos, 1990-2008</i>	130
<i>Tabla 11. Ejemplo de los datos obtenidos del ISI</i>	134
<i>Tabla 12. Estrategias para encontrar evidencia empírica de la cooperación tecnológica y científica interfirma y empresa-universidad</i>	135
<i>Tabla 13. Probabilidades condicionales de la cooperación científico-tecnológica en el sector biofarmacéutico</i>	141
<i>Tabla 14. Principales características de las 8 empresas biofarmacéuticas de capital nacional</i>	145
<i>Cuadro 1. Gastos en I&D por país de las empresas farmacéuticas</i>	65
<i>Cuadro 2. Firmas biotecnológicas en distintas áreas geográficas del mundo</i>	67
<i>Cuadro 3. Desempeño en innovación (patentes) por país o área de alcance</i>	69
<i>Cuadro 4. Industria farmacéutica en el mundo: ventas en miles de millones de dólares y tasas de crecimiento</i>	87
<i>Cuadro 5. México: balanza comercial de la industria farmacéutica (millones de dólares)</i>	98
<i>Cuadro 6. Artículos de instituciones mexicanas por campo biofarmacéutico, de acuerdo a la clasificación del ISI, 1980-2008</i>	126
<i>Cuadro 7. Patentes otorgadas por el IMPI a titulares mexicanos en el campo biofarmacéutico</i>	128
<i>Cuadro 8. Patentes otorgadas por el IMPI a firmas de capital nacional del sector biofarmacéutico, 1980-2007</i>	129
<i>Cuadro 9. Características científicas y tecnológicas de las firmas biofarmacéuticas que cuentan con patentes de producto otorgadas por el IMPI, 2010</i>	137
<i>Cuadro 10. Características científicas y tecnológicas de las firmas biofarmacéuticas que cuentan con patentes de proceso otorgadas por el IMPI, 2010</i>	139
<i>Cuadro 11. Características tecnológicas de las firmas biofarmacéuticas en México, 2010</i>	139
<i>Cuadro 12. Probabilidad de éxito en realizar actividades científicas y tecnológicas específicas</i>	140
<i>Cuadro 13. Matriz binomial</i>	140

INTRODUCCIÓN

COOPERACIÓN TECNOLÓGICA INTERFIRMA Y EMPRESA-UNIVERSIDAD: EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN

La cooperación tecnológica interfirma (y empresa-universidad) ha sido reconocida como uno de los mecanismos de coordinación económica en el que los agentes conjuntan sus esfuerzos para desarrollar capacidades científicas, tecnológicas e innovativas (Nelson y Winter, 1982; Teece et al., 1997; Veugelers, 1998; García et al., 2004; Taboada, 2004; Hodgson, 2007). En las economías en desarrollo caracterizadas por un rezago tecnológico sustantivo y la carencia de recursos financieros y de capital humano especializado (indispensables para la asimilación y la creación de nuevo conocimiento), la colaboración tecnológica¹ debería ser considerada como una vía estratégica alternativa. En tal sentido, Jorde y Teece (1990), y Teece (1992) encuentran que las escasas relaciones cooperativas entre las organizaciones de los países puede ser un obstáculo para la innovación tecnológica y para el mejoramiento del desempeño industrial. De este modo, la cooperación tecnológica adquiere una importancia crucial como catalizador de un sendero de innovación en las empresas.

Los antecedentes del análisis de la cooperación industrial entendida como agrupamientos industriales en los que se generan externalidades positivas (la cooperación no es explícita, pero sí se encuentra presente), los encontramos en Marshall (1920). Posteriormente, Coase (1937) cuando estudia la coordinación de recursos por la empresa concluye que hay una cooperación de los factores productivos. Richardson (1972) analiza las relaciones verticales entre las empresas, no como integración vertical, pero sí como *cooperación vertical*. Casi 40 años después de Coase, Williamson (1975 y 1985) inspirado en el análisis transaccional, desarrolla el concepto de coordinación híbrida de los recursos (cooperación interfirma). Desde Coase hasta Williamson se reconoce que gran parte de la actividad económica es coordinada por empresas y por formas intermedias. Aunque en el artículo de Richardson ya se encuentra presente la colaboración tecnológica interfirma, son Nelson y Winter (1982) y, Jorde y Teece (1990) quienes profundizan

¹ En este trabajo se usan indistintamente las categorías de firma y empresa, lo mismo ocurre con los conceptos de cooperación y colaboración. Además, cuando se menciona la cooperación tecnológica, ésta se entiende como un proceso que puede ir desde la ciencia básica hasta la aplicación del conocimiento en procesos industriales y su comercialización.

en el análisis de la colaboración tecnológica interfirma². Los aportes pioneros de todos estos autores, junto con otros trabajos desarrollados en la línea de la economía del bienestar, han contribuido a la formación de una base teórica sobre la cooperación tecnológica interfirma, la cual se relaciona con el desarrollo de la economía del conocimiento.

En este contexto de reflexión, la presente investigación tiene un doble propósito. Por un lado, se busca profundizar en la discusión teórica y empírica sobre la cooperación tecnológica y sus repercusiones en el desempeño innovativo, productivo y competitivo de las firmas. Por el otro, analizar los factores que alientan y/o inhiben la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico de México. De hecho, en países industrializados (Estados Unidos, Reino Unido, Alemania, Francia, entre otros) la cooperación tecnológica ha sido un elemento clave para comprender el desarrollo del sector biofarmacéutico. Considerando que este sector es intensivo en conocimiento y que requiere de cuantiosas inversiones en investigación y desarrollo (I&D), es interesante identificar y analizar los factores que pueden favorecer o limitar la cooperación tecnológica en países en desarrollo como México.

Desde el trabajo de Pavitt (1984), en el que se construyó una taxonomía para identificar la intensidad tecnológica de las diversas industrias de Inglaterra, se llegó a la conclusión de que había ciertas industrias que para su desarrollo se apoyaban en la ciencia básica. Hoy en día, diversos sectores industriales funcionan considerando al conocimiento científico y tecnológico como un insumo básico para el desarrollo y mejoramiento de sus productos y procesos; para lograr sus metas, las empresas de estas industrias se vinculan estrechamente con otras firmas de la misma industria (o de diferentes sectores) y con organizaciones generadoras de conocimiento como las universidades y los centros públicos de investigación.

Dentro de estos campos industriales se encuentra, por supuesto, la biotecnología, que a su vez alimenta de innovaciones a la industria farmacéutica. En efecto, la importancia de la industria farmacéutica y, particularmente, aquella vinculada a la biotecnología, radica en su dinamismo y complejidad de creación de conocimiento, asociado a la estrecha interacción entre la ciencia y la tecnología. De acuerdo con David y Foray se trata de sectores en los que es posible realizar experimentos controlados, que dan resultados y que pueden ponerse a prueba, con incesantes

² En el capítulo 1 se profundiza en la propuesta de estas perspectivas vistas, en principio, como formas de adaptación a la intensa competencia industrial y como formación de capacidades innovativas en las empresas para tener un mejor desempeño competitivo.

conexiones y retroacciones entre la experimentación y la aplicación. Estas relaciones recíprocas entre una “ciencia que ilustra la tecnología” y una “tecnología que equipa a la ciencia” constituyen la base del progreso rápido de los saberes en determinadas esferas (David y Foray, 2002) como en el sector biofarmacéutico.

De las intensas interacciones que, a veces, se establecen entre las empresas y otras organizaciones, la literatura económica, en general distingue dos tipos de relaciones de cooperación tecnológica en la cadena de valor, pero se integra la institucional. En primer lugar, se tiene a la cooperación vertical que son los vínculos entre clientes y proveedores; en segundo plano, se ubica la colaboración entre competidores directos que se denomina cooperación horizontal; estas dos formas de cooperación están limitadas a las relaciones entre empresas. Sin embargo, también se tiene la colaboración institucional³ en la que dos agentes de naturaleza, aparentemente, distinta colaboran (por ejemplo universidad y empresa), en otros trabajos, este tipo de colaboración es denominada como transversal (González, 2003). Esta última quizá ha sido la menos estudiada y dada su importancia actual es motivo de inspiración en este trabajo.

Así, la cooperación científica y tecnológica no se limita a las firmas, pues en la actualidad las universidades son agentes muy activos en la promoción del desarrollo económico de los países. Por lo tanto, teniendo en cuenta el papel que desempeñan estas organizaciones en la colaboración tecnológica, se requiere de mayores esfuerzos teóricos para comprender y explicar la naturaleza de estos agentes que poco a poco ganan un lugar en la nueva economía industrial del conocimiento.

A principios de los 1990, Teece señalaba que tanto la literatura teórica como la empírica eran casi inexistentes (muy poca literatura se dirigía a indagar cómo la cooperación podía promover la competencia) en el análisis de los problemas relacionados con la organización interfirma (Teece, 1992: 2), y más escasas eran las investigaciones que abordaban la colaboración empresa-universidad. Ahora la situación ha cambiado, se han publicado diversos trabajos en ambos sentidos; pero aún se requiere profundizar en cuestiones como los impactos en la

³ En esta investigación, la colaboración interinstitucional se entiende como los acuerdos cooperativos que se establecen entre las empresas y las universidades; es decir, es una colaboración entre dos agentes con fines, aparentemente contradictorios. Sin embargo, las universidades son ya organizaciones que incorporan los objetivos de obtener una ganancia por el conocimiento que producen y de promover el desarrollo económico; en tanto que las empresas están interesadas cada vez más en hacer un uso industrial del conocimiento y, por eso, ellas mismas se involucran en las nuevas líneas de investigación (Blumenthal et al., 1986; Arora y Gambardella, 1990; Arora et al., 2001; Etzkowitz et al., 2000; Etzkowitz, 2003; Bercovitz y Feldman, 2007a). Las relaciones interinstitucionales con agentes como el gobierno, escapan del alcance de este trabajo.

estructura industrial, el papel de las firmas nacionales, y el papel del agente gubernamental. Asimismo, Jorde y Teece (1990: 75-76) reconocen que la cooperación puede ser esencial si las firmas tienen como marco competitivo de referencia al mercado mundial⁴; esto es: no necesariamente existe conflicto entre la promoción de la cooperación y la competición, si la cooperación mejora el desempeño innovativo.

De este modo, en un mundo cada vez más complejo de economías internacionalizadas e interdependientes, las distintas organizaciones deben propiciar el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico como una actividad básica para mejorar su desempeño innovativo y competitivo. La ausencia de inversiones suficientes en estos rubros implica quedar al margen en la economía del conocimiento. En este sentido, varias investigaciones —mayoritariamente del campo biofarmacéutico— han evidenciado que las empresas de alta tecnología e intensivas en conocimiento están mejor preparadas para enfrentar la incertidumbre y el rápido cambio tecnológico (Blumenthal et al., 1986; Arora y Gambardella, 1990; Dutrénit, 1996; Cockburn y Henderson, 1998; Campart y Pfister, 2003).

Debe reconocerse que el conocimiento ha jugado siempre un papel central en el crecimiento económico y en la elevación progresiva del bienestar social. La capacidad de inventar e innovar ha alimentado históricamente al desarrollo; por tanto, la “necesidad de innovación” se acentúa dado que la innovación suele convertirse en el medio casi único para sobrevivir y prosperar en economías muy competitivas y globalizadas (David y Foray, 2002).

Los antecedentes van desde *La Riqueza de las Naciones* de Smith, que incorpora inmediatamente en la discusión “los mejoramientos en la maquinaria”; Marx otorga un papel central a la innovación tecnológica en los bienes de capital; y hasta Marshall que no vaciló al señalar al conocimiento como el principal motor del progreso en la economía (Teece, 1992: 2). Más recientemente, los trabajos de Nelson y Winter (1982), Romer (1986), Solow (1992) y Audretsch (2005) se han dedicado, en buena medida, a mostrar cómo el conocimiento científico y tecnológico condiciona o promueve el crecimiento y el desarrollo económicos.

Sin embargo y a pesar de los avances, el fenómeno de la cooperación científica y tecnológica no parece ser relevante en las discusiones de los libros de texto más influyentes de la economía. Esto ha sido reconocido en otros trabajos que abordan los problemas de la innovación

⁴ Por ejemplo, la I&D cooperativa ha sido central para el resurgimiento de las principales industrias de países desarrollados como Alemania, Italia y Dinamarca (Jorde y Teece, 1990: 75-76).

tecnológica en las empresas. Por ejemplo, Teece (1992: 1-2) señala que, normalmente, no existe discusión de cómo los acuerdos interfirma pueden ayudar al proceso innovativo. Si los acuerdos interfirma son discutidos, es casi siempre en la teoría del cártel. No sorprende, por tanto, que los libros de texto de economía no aborden en ningún sentido que la cooperación interfirma es también deseable como un tema digno de estudio. Desde nuestra perspectiva, tampoco debemos sorprendernos de la ausencia total del análisis de la cooperación empresa-universidad.

En fin, es necesario seguir trabajando para que en el ámbito de la economía industrial se reconozca cada vez más la importancia de la contribución de la cooperación tecnológica al mejoramiento innovativo, al mejor desempeño productivo y a la competitividad de las empresas en un entorno de mercados internacionalizados.

Un sector industrial importante para investigar es el biofarmacéutico⁵, en este sentido, las empresas farmacéuticas de México –salvo contadas excepciones– han quedado al margen tanto de las promesas de la economía del conocimiento como de las bondades de la cooperación tecnológica y científica entre las firmas y de éstas con las universidades. Por esta razón, una de las preocupaciones de este trabajo es identificar las causas que han ocasionado estas brechas de las firmas mexicanas, *máxime* cuando este tipo de empresas puede ser importante para la generación de empleos bien remunerados, la producción de mercancías y servicios de alto valor agregado, así como la creación de nuevos mercados; en suma, lo que Wagner (1998) y Bolívar (2003 y 2004) señalan como una potencial palanca para el crecimiento y el desarrollo nacional.

Y es que en algunas naciones las industrias farmacéutica y biotecnológica, han tenido un crecimiento excepcional y al mismo tiempo se han convertido en los sectores que dan verdaderas ventajas competitivas a esas naciones. Por ejemplo, los casos de Francia, Estados Unidos y el Reino Unido son notables (Blumenthal et al., 1986; Arora y Gambardella, 1990). Aunque, recientemente, se han venido incorporando nuevos jugadores del mundo desarrollado y algunos otros en desarrollo están haciendo esfuerzos para no quedarse al margen como Cuba y Brasil, en Latinoamérica, que en los últimos años destinan importantes recursos para financiar la I&D y cuentan con más científicos en áreas del conocimiento relacionadas con la biofarmacéutica.

⁵ En efecto, los impactos económicos de la biotecnología pueden ser muy relevantes, pues se considera que ésta tiene la capacidad de generar efectos multiplicadores influyendo en el desempeño de varios sectores económicos; por ejemplo, la agroindustria, las tecnologías amigables con el ambiente, los biocombustibles y, por supuesto, la farmacéutica en la que ahora muchos medicamentos tienen bases biotecnológicas.

En contraste, en México a las firmas farmacéuticas (de capital local) se les relaciona con escasas o nulas capacidades científicas y tecnológicas, en parte, debidas al atraso tecnológico por su nula o magra inversión en tecnología (Wagner, 1998). También es común encontrar pequeñas firmas en este sector que apenas sobreviven y que sus posibilidades de innovación y expansión son muy limitadas; por ejemplo, poco menos de la mitad de las cerca de 100 empresas farmacéuticas registran gastos en I&D, la mayoría de éstas transnacionales, pues únicamente 8 firmas de capital nacional pueden considerarse como auténticamente biofarmacéuticas. De este modo, la elevada probabilidad que tienen las empresas (no innovadoras) de abandonar el mercado, está asociada con la escasez de recursos para invertir en tecnología (Cefis y Marselis, 2005; Dahl y Reichstein, 2005). Pero, dada la importancia que podrían tener, resulta crucial la búsqueda de estrategias mediante las cuales se obtenga un mejor desempeño innovativo en productos y en procesos que a la vez las haga competitivas en el mercado internacional.

Por lo tanto, el problema consiste en que las pocas capacidades tecnológicas, el bajo perfil tecnológico y el pobre desempeño competitivo de la mayoría de las firmas farmacéuticas mexicanas les impide ampliar su cobertura de mercado limitándose, en muchos casos, a cubrir la demanda interna de medicamento genérico para las instituciones públicas de salud. Este problema no ha sido analizado lo suficiente por las investigaciones precedentes, ya que la idea de invertir más en tecnología parece ser insuficiente e incompatible con la naturaleza y las capacidades de estos agentes. Pues para una pequeña firma individual parece muy difícil invertir los recursos suficientes en proyectos tecnológicos y de investigación. Por consiguiente, una alternativa para que las firmas nacionales sean más innovativas, desarrollen mayores capacidades y habilidades tecnológicas; y tengan un mejor desempeño en el mercado, puede ser la cooperación tecnológica.

Al tenor de estos desafíos, la presente investigación se propone examinar los principales elementos teóricos y empíricos desde la perspectiva de la economía institucional contemporánea que permitan una mejor comprensión de la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional, para, con base en ese examen y en contraste con la experiencia internacional en el sector biofarmacéutico al respecto, evaluar la situación del sector biofarmacéutico mexicano.

Para tal efecto, en el capítulo I se hace un esfuerzo por retomar los principales argumentos teóricos que permiten justificar la cooperación tecnológica entre las organizaciones como un instrumento necesario que ayuda a desarrollar y acumular habilidades y capacidades tecnológicas en las empresas, que las conduce a mejorar su desempeño competitivo y, por tanto, a incrementar

su probabilidad de sobrevivencia en el mercado. Otro propósito (capítulo II) es identificar y reflexionar las características inherentes y muy específicas de las firmas del sector biofarmacéutico global. También, se pretende (capítulo III) analizar las principales características económicas que poseen las empresas farmacéuticas establecidas en México. Finalmente (capítulo IV), se propone identificar y examinar los factores que impulsan o inhiben la colaboración tecnológica interfirma e interinstitucional en el sector biofarmacéutico de México⁶.

Para alcanzar los objetivos previos, el análisis teórico se apoya en las contribuciones de los principales exponentes de la economía institucional contemporánea (Coase, 1937 y 1960; Williamson, 1975, 1985, 1996 y 2002; Penrose, 1959; Cohen y Levinthal, 1990; Teece et al., 1997; Lundvall, 2004; Schumpeter, 1912 y 1950; Nelson y Winter, 1982; Nelson, 2008; Hodgson, 1998 y 2007). Esta adherencia se justifica porque la perspectiva institucional cuenta con los elementos para comprender dos ámbitos fundamentales de la economía, la producción y el intercambio, y así abordar los fenómenos que están relacionados con el cambio tecnológico y la cooperación (Bellon y Niosi, 2000; García et al., 2004; Taboada, 2004).

Los mismos instrumentos teóricos y metodológicos —como un reto en este trabajo— son utilizados para comprender y explicar la cooperación tecnológica interinstitucional como un mecanismo híbrido de coordinación de recursos. Y la propia universidad, desde esta perspectiva se observa como una más de las formas que participan en la coordinación de las actividades económicas en el sistema. Asimismo, en este trabajo se incorporan elementos de la teoría de las externalidades-*spillovers* para explicar de una manera más amplia a la cooperación tecnológica como una estrategia que permite aprovechar (internalizar) las derramas del conocimiento científico, esa ampliación de los instrumentos de análisis tiene que ver, principalmente, con las propiedades explícitas e implícitas del conocimiento como bien económico, preocupación que se retoma de los trabajos de Nelson (1959b), Arrow (1962), Romer (1986), Audretsch (2005).

Con base en lo anterior, la pregunta central que guía este trabajo es: ¿cuáles son los factores⁷ que propician y/o inhiben la cooperación tecnológica entre las firmas y, entre las empresas y las universidades en el sector biofarmacéutico de México?

⁶ La industria sobre la que se realiza el estudio empírico es importante porque es de las más dinámicas en la economía mexicana, en ella convergen empresas de distintos tamaños, en algunas firmas se registra una actividad innovativa importante (Guzmán et al., 2006) y porque algunas empresas registran colaboración científica y tecnológica con las universidades.

⁷ Así, ¿podría haber una relación directa colaboración tecnológica-innovación-competitividad de las firmas?

Como hipótesis de trabajo de la investigación, se sostiene que las pocas capacidades y habilidades tecnológicas de la mayoría de las firmas farmacéuticas nacionales, que repercuten en su pobre desempeño innovativo y competitivo se debe, en parte, a la ausencia de cooperación interfirma e interinstitucional. Esta estrategia permitiría a las firmas conjuntar esfuerzos para incrementar las inversiones necesarias en la búsqueda de mejores tecnologías que tengan como efecto una reducción en los costos de producción y de transacción, así como una mejora en el nivel innovativo, mayores capacidades tecnológicas y mejor desempeño competitivo.

De hecho, sólo la disminución de costos y el posicionamiento a largo plazo en el mercado proveniente de las innovaciones accesibles a las empresas, cualquiera que sean sus dimensiones, dan lugar a disminuciones en los precios y al mejoramiento de la calidad de los productos (Sylos, 1966).

La investigación se encuentra organizada en cuatro capítulos y las conclusiones generales. El primero está dedicado a mostrar los fundamentos teóricos de la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad, y su probable relación con la competitividad de las empresas, este capítulo se divide en seis apartados en los que, en primer término, se define la cooperación tecnológica; en segundo lugar, se examinan los de cooperación tecnológica poniendo atención especial a la importancia del conocimiento universitario en el desempeño de las empresas; en la tercera parte se da respuesta a la cuestión de por qué sucede la cooperación tecnológica, aquí adquieren relevancia las externalidades, el contexto económico y la meta de lograr una mayor competitividad; de este análisis se pasa, en el cuarto apartado, a una justificación de la cooperación en el marco de la economía institucional contemporánea.

Asimismo en la quinta sección, con el auxilio del instrumental institucional se explica la relación de los derechos de propiedad intelectual con la cooperación tecnológica. En sexto lugar, se reflexiona sobre las dificultades a las que se enfrentan las empresas y las universidades cuando se quiere poner en marcha un acuerdo de colaboración tecnológica. En las reflexiones finales del capítulo, mediante una recapitulación, se encuentra la propuesta de marco teórico analítico.

En el segundo capítulo se analiza la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico global, para ello, el capítulo se compone de cuatro secciones. En la primera se describe el desenvolvimiento del sector biofarmacéutico mundial en un entorno de desarrollo científico y tecnológico; la segunda sección trata sobre los hechos estilizados que permiten delimitar un sector industrial biofarmacéutico global. La sección tercera explica el ambiente de cooperación

tecnológica que envuelve a este sector, específicamente, se aborda la colaboración de las firmas biotecnológicas con las grandes farmacéuticas tradicionales que parecen dar, de nueva cuenta, una característica de estructura oligopólica global a esta industria. Por último, se hace un esfuerzo por contestar adecuadamente la pregunta de si son más competitivas las empresas biofarmacéuticas que cooperan.

El tercer capítulo presenta un panorama general de las principales variables económicas y tecnológicas de la industria farmacéutica establecida en México, tres apartados integran este capítulo. El primero aborda la estructura industrial y la concentración de mercado, poniendo especial atención al dominio productivo y comercial de las firmas transnacionales, así como lo que podría hacerse para mitigar tal concentración de mercado; en el segundo apartado, desde una perspectiva general se examinan algunos indicadores de desarrollo tecnológico como las inversiones en I&D, el nivel de patentamiento y la transferencia de tecnología. Este capítulo se cierra con algunas reflexiones finales.

El cuarto y último capítulo se divide en cuatro secciones. En primer término se analiza el panorama y/o los antecedentes de cooperación en el sector biofarmacéutico en México; en la segunda sección se describen y analizan someramente algunos indicadores sobre la cooperación tecnológica en este sector; en tercer lugar, se calculan algunas probabilidades (binomiales y condicionales) de ocurrencia de la cooperación en las firmas biofarmacéuticas, además, mediante el análisis de un grupo de empresas de capital nacional que son exitosas, se hace una valoración cualitativa de la tendencia que podría registrar la cooperación tecnológica en los próximos años. La cuarta sección se orienta a sintetizar los factores explicativos del nivel de la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional en las empresas del sector biofarmacéutico establecido en México. Por último, se presentan algunas reflexiones finales del capítulo.

La investigación termina con las conclusiones generales del trabajo, en las que se destacan resultados tales como la importancia de considerar a la cooperación interinstitucional como una forma de coordinación híbrida de los recursos para la innovación, la internalización de las derramas del conocimiento que también impulsa a la cooperación tecnológica y la explicación de que los derechos de propiedad intelectual pueden facilitar la colaboración. Adicionalmente, en la parte empírica se constata que la cooperación en el sector biofarmacéutico global se caracteriza por unas relaciones interfirma más intensas, en tanto que en el ámbito mexicano, la poca colaboración es más de naturaleza interinstitucional.

CAPÍTULO I

LACOOOPERACIÓN TECNOLÓGICA: LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El objetivo de este capítulo se centra en rescatar los principales argumentos teóricos que permiten justificar la cooperación tecnológica entre las organizaciones, como un instrumento que ayuda a desarrollar y acumular habilidades y capacidades tecnológicas en las empresas y que a la vez las conduce a mejorar su desempeño competitivo e incrementar su probabilidad de sobrevivencia.

El capítulo se encuentra dividido en seis secciones. En la primera se enmarcan los elementos que permiten llegar a una definición de la cooperación tecnológica entre las empresas y de éstas con las universidades. En segundo lugar, se abordan los tipos de la cooperación tecnológica y se hace énfasis en la importancia que tiene el conocimiento universitario en el desempeño de las empresas. En la tercera sección se reflexiona sobre las principales causas que provocan la cooperación tecnológica, enfocando también la atención en la relación que hay entre las externalidades y la necesidad de cooperar, en el contexto que ha provocado una mayor colaboración empresa-universidad y en la relación cooperación tecnológica-competitividad.

El cuarto apartado destaca los planteamientos teóricos de la economía institucional contemporánea que permite justificar la cooperación tecnológica; aquí el esfuerzo también se centra en identificar los instrumentos instituciones globales que permiten una mejor comprensión de este fenómeno. La importancia de este apartado radica en que la adherencia de esta investigación es con la economía institucional, por lo que resulta crucial saber cómo explica ésta a la cooperación tecnológica. Asimismo, los derechos de propiedad intelectual y su relación con la cooperación tecnológica, son analizados dentro del marco institucional en la sección quinta.

Por último, después de hacer un largo recorrido de las bondades que, en general, implica la colaboración tecnológica, en el séptimo apartado se abordan las principales dificultades que implica la puesta en marcha de los acuerdos tecnológicos colaborativos. Además, se presentan algunas reflexiones finales.

1.1. La categoría de cooperación tecnológica

A pesar de los antecedentes económicos, desde los distritos industriales de Marshall, y de los esfuerzos hechos en los últimos 40 años, la teoría económica aún adolece de una comprensión sólida sobre lo que implica la cooperación. Ante esto, un gran desafío que enfrenta la economía

actual es cómo incorporar las instituciones a su análisis (Gandgruber, 2007), siendo la cooperación una de esas instituciones.

El asunto no es irrelevante para la economía en general, pues en los cánones de la ciencia económica convencional no hay lugar para la cooperación auténtica, como lo han señalado Jorde y Teece (1990) y Teece (1992) cuando reclaman que los únicos momentos en los que se analiza la cooperación entre las empresas es cuando éstas se integran verticalmente o cuando se colusionan para formar cárteles y el problema no se aborda como que la cooperación entre las empresas, aún competidoras directas, puede contribuir a mejorar el entorno competitivo.

Puede decirse que los esfuerzos serios por integrar una teoría que explicara la cooperación entre las organizaciones fuera del núcleo neoclásico se comenzaron a dar desde la década de los 1970, a partir de los esfuerzos de Richardson (1972), Williamson (1975), Nelson y Winter (1982) y Axelrod (1984). El panorama en la actualidad, si bien ha mejorado notablemente al tratar de construir teorías de síntesis inspiradas en los autores señalados, para explicar ese tipo de cooperación, aún tiene un largo trayecto por recorrer.

“En general, observamos conducta cooperativa cuando los individuos interactúan repetidamente, cuando tienen mucha información recíproca, y cuando el grupo está caracterizado por pocos participantes” (North, 1993: 29). Muchos grupos de personas y de organizaciones suelen tener interacciones continuas e intensas. En muchos actos humanos, la probabilidad de reencontrarse es positiva y a veces elevada; por lo tanto, el supuesto de las transacciones espontáneas e impersonales del esquema neoclásico no ayuda mucho para comprender la forma en la que surge la cooperación.

El hecho que posibilita la aparición de la cooperación es que los jugadores podrían volver a encontrarse. En consecuencia, las elecciones que hoy se hagan no sólo determinan el resultado de esta jugada, sino que pueden influir también en las decisiones posteriores que tomen los jugadores. Así pues, el futuro puede proyectar una sombra sobre el presente, y de este modo influir sobre la situación estratégica actual (Axelrod, 1984: 23).

La ironía es que en nuestros días, la cooperación ha sido un término muy utilizado para explicar diversos fenómenos en otras disciplinas; pero, en la teoría económica dominante poco se ha dicho al respecto⁸, a pesar de que las empresas han evolucionado adoptando ciertas normas de

⁸ Una explicación reduccionista se encuentra en la teoría de los juegos no cooperativos. En el corazón de este programa, se encuentra una paradoja al no poder explicar la cooperación por la no cooperación, y aunque el concepto

negocios que a menudo son medios poderosos para sustentar la cooperación (Axelrod, 2004: 20). En este sentido, el autor propone que la cooperación ocurre cuando las personas (o empresas) se organizan por sí mismas en grupos, a fin de competir exitosamente con otros.

En fin, la cooperación puede entenderse como aquel mecanismo en el que los agentes de un mismo grupo o de diferentes grupos comparten objetivos en la consecución de una misma meta y para ello renuncian a algún grado de autonomía con el fin de contribuir al bien del grupo por lo que en la conducta cooperativa está presente cierto altruismo⁹ que, sin embargo, proporciona alguna utilidad o ganancia a los agentes. En lo que respecta a las organizaciones económicas, sería ingenuo pensar que una firma cooperara sin esperar nada a cambio, en todo caso, lo mínimo que se podría esperar sería lo equivalente a lo que aportaría dicha empresa; por lo que siempre subyace la reciprocidad en los acuerdos colaborativos entre las empresas.

En efecto, Richardson (1972), Williamson (1975 y 1985) y, Jorde y Teece (1990) plantean que las actividades económicas se coordinan por instituciones que van desde el mercado completamente descentralizado hasta la jerarquía (empresa) completamente centralizada. Por consiguiente, la cooperación interfirma se ubica en ese continuo.

En el terreno de la organización industrial, un acuerdo cooperativo es una forma intermedia de interrelación entre las firmas, el cual proporciona otro modo de organizar la actividad económica. Aunque el acuerdo tiene que ser explícito, no necesita ser un contrato escrito para que la cooperación exista, ya que ésta puede hacerse de manera verbal (Mariti y Smiley, 1983: 437)¹⁰.

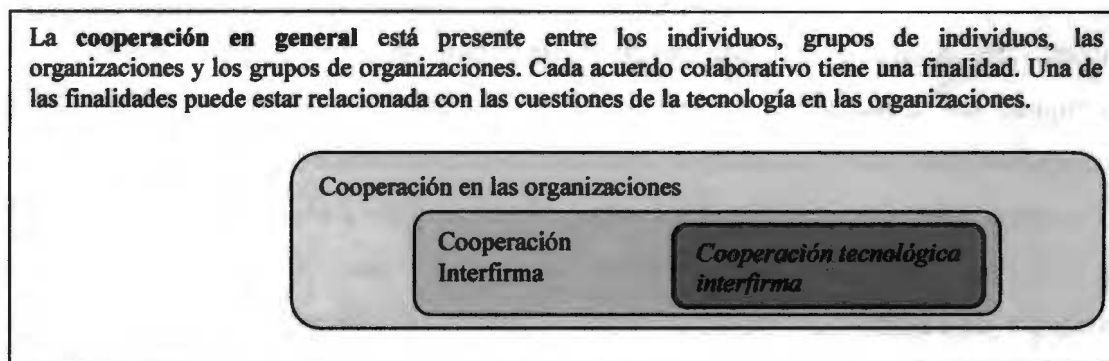
de cooperación es importante, es un poco sutil, ya que el término cooperar significa actuar juntos para lograr un objetivo común; pero en la teoría de juegos es difícil trabajar con esta definición porque se hace la hipótesis de que cada jugador toma decisiones racionales e inteligentes, y que su comportamiento está determinado por la maximización de su pago expresado en términos de su utilidad esperada. Además, la racionalidad individual está soportada por una intención en el *yo* o en el *tú* y *yo*, pero jamás en una intención del *nosotros* (Defalvard, 2000).

⁹ La cuestión del altruismo como una conducta posible y que alimenta a la conducta cooperativa es analizada por Nagel (1970), el fundamento básico es que las acciones altruísticas proceden cuando los agentes se reflejan en la realidad de otros; es decir, un individuo puede solidarizarse con otro en el momento en el que piensa que lo que padece su semejante podría vivirlo él en algún momento y ante esa sombra que se proyecta en el presente se decide cooperar. Adicionalmente, Simon (1983) establece que las conductas altruísticas son de tipo exacerbado y restringido, el segundo es cuando uno puede cooperar y solidarizarse pero se espera reciprocidad en el futuro en cuanto haya oportunidad. En efecto, el tipo de altruismo que se defendería en este trabajo sería el que está en línea con la reciprocidad en los eventos del futuro.

¹⁰ Dado que la integración vertical (organización interna de la producción) puede explicarse en parte por las fusiones y adquisiciones, estas formas no son consideradas como acuerdos cooperativos. En efecto, los acuerdos cooperativos entre las firmas pueden ser entendidos como formas intermedias de organización entre administrar las actividades económicas internamente y realizar transacciones de mercado individualmente (Mariti y Smiley, 1983: 438).

Más precisamente, la colaboración interfirma constituye una alternativa de coordinación frente a dos opciones extremas (mercado y jerarquía), en condiciones en las que hay especificidad intermedia de activos, las transacciones son recurrentes y hay pocos agentes en el mercado. Las relaciones de colaboración interfirma superan al mercado, al brindar a la empresa una capacidad de respuesta adaptativa al ambiente, sin que se pierdan los incentivos de competencia que caracterizan al mercado (García et al., 2004: 115).

Figura 1. La lógica de la cooperación en las organizaciones



Un aspecto de suma importancia como detonador de los acuerdos cooperativos interfirma, es el objetivo de adquirir y desarrollar capacidades y habilidades tecnológicas. Ante esto, Taboada establece que la cooperación tecnológica interfirma es una alternativa que posibilita que la empresa tenga mayor capacidad de respuesta tecnológica a las exigencias competitivas que enfrenta en la medida en que contribuye a ampliar y/o fortalecer sus capacidades tecnológicas. En tal alternativa, los resultados normalmente no son de corto plazo, por lo que habilita para obtener ventajas tecnológicas a mediano y largo plazo; incidiendo positivamente en la competitividad de la firma en esos lapsos (Taboada, 2004: 127, 136).

En esta investigación se define a la cooperación tecnológica interfirma como un mecanismo híbrido de coordinación económica en el que las empresas conjuntan esfuerzos para desarrollar mayores capacidades y habilidades tecnológicas con la finalidad de aprovechar las derramas internas y externas del conocimiento, que a la vez permiten mejorar la capacidad innovativa, el desempeño industrial y enfrentar de mejor manera el entorno competitivo.

Se pueden desarrollar más y mejores capacidades tecnológicas porque mediante la cooperación, los proyectos de desarrollo científico y tecnológico son más susceptibles de realizarse. Ello implica que aún una sola empresa participante del grupo puede financiar

proyectos costosos y riesgosos, y a la vez aprovechar los potenciales productos y procesos en las fases de culminación de los proyectos. Esto, mejora el desempeño innovativo; y al entrar con mejores o nuevos productos y procesos en el mercado se mejora la posición competitiva.

De hecho, los proyectos de investigación tecnológica y más los de investigación científica implican horizontes largos de tiempo (recalcarlo es redundar). En sí la teleología de los fenómenos relacionados con el conocimiento científico y tecnológico se ve más como un proceso sin un fin a la vista.

Así pues, la cooperación interfirma representa una forma intermedia de organización de la producción, ubicada entre los extremos de la integración industrial vertical (internalización completa de la producción) y las transacciones de un solo momento que se dan en el mercado. Derivado de esto, las empresas que participan en los acuerdos cooperativos están dispuestas a ceder algo de su autonomía de gobernación (administración) en beneficio de proyectos que benefician a todas las integrantes de dichas alianzas, definitivamente, los socios de las empresas o de los proyectos conjuntos comparten objetivos y metas que pueden alcanzarse siempre y cuando cooperen.

Sin embargo, la cooperación tecnológica (y científica) no se limita a las alianzas suscritas entre las empresas. La colaboración entre las instituciones del conocimiento y las dedicadas a generar riqueza se ha incrementado notablemente en las últimas décadas. Por ejemplo, Caloghirou et al. (2008: s/p) señalan que las alianzas tecnológicas estratégicas a finales de los 1970 no llegaban ni a la centena pero para finales de los 1990 se habían multiplicado por 7 (un crecimiento exponencial), la mayoría de esas alianzas se realizan en los sectores de alta tecnología en los que la universidad juega un papel importante. De hecho, la innovación cada vez más y de manera creciente se origina afuera de la empresa individual o aún, de otra institución como la universidad (Etzkowitz, 2002: 1).

Así, se asume que cuando las empresas y las universidades establecen acuerdos de colaboración tecnológica es porque buscan complementariedad, y debido a que por medio de la cooperación el financiamiento de los proyectos de investigación se hace más viable, y se aprovechan los potenciales derramamientos del conocimiento. Además, mediante la colaboración, ambas organizaciones adquieren mayores capacidades y habilidades en el desarrollo de la investigación; sólo que al tener como objeto principal la producción y difusión del conocimiento, aunque la universidad colabore, —a diferencia de la cooperación firma-firma—

adquiere nuevos matices. Por ejemplo, a través de la colaboración con las empresas, las universidades pueden buscar la complementariedad de sus recursos financieros comercializando la producción de conocimiento; por su parte, las empresas pueden buscar esquivar a sus rivales.

Si bien se ha definido a la cooperación tecnológica interfirma, y se ha aclarado que ahora también las universidades participan activamente en la promoción del desarrollo económico, lo que ha provocado un mayor acercamiento con el sector productivo (empresas); es decir, las universidades colaboran tecnológicamente con las empresas; en las siguientes líneas se abordan los tipos de cooperación tecnológica incluido el realizado entre empresas y universidades.

1.2. Tipos de cooperación tecnológica

La mayor parte de la literatura existente no distingue la cooperación tecnológica por tipos de socio (competidores, proveedores, clientes, universidades y/o centros de investigación). La parte más desarrollada de esta cooperación quizá sea la cooperación vertical, la que se da entre proveedores y clientes o viceversa. En estricto *sensu*, estas relaciones podrían confundirse con la integración vertical de la producción debido a que puede abarcar las distintas fases de un producto final. Por su naturaleza, estos acuerdos podrían considerarse como los menos complejos ya que no se pone en riesgo la posición competitiva de las empresas dado que cada firma participa en una fase distinta en la preparación del producto o proceso final. Cuando Richardson (1972) establece que la mayor parte de la producción es coordinada por las organizaciones, está pensando en las relaciones cooperativas que se dan entre los proveedores y los clientes.

Si la cooperación vertical llega a confundirse con la integración vertical de la producción, la cooperación horizontal no corre mejor suerte. Al respecto, a principios de los 1990, Jorde y Teece (1990), y Teece (1992) señalaban que en la economía convencional, prácticamente, se denostaba a la cooperación horizontal (entre competidores) ya que se consideraba como una forma nociva para los objetivos competitivos, pues la cooperación entre las empresas de una misma industria era sinónimo del reparto del mercado o, simplemente cartelización de la economía¹¹. El mismo Teece ha encarado esta posición académica concluyendo que, bajo ciertas

¹¹ De hecho, Teece (1992) atribuye a una legislación que combatía los acuerdos cooperativos horizontales, favoreciendo la integración vertical de la producción como una de las causas principales que fueron ocasionando la pérdida de competitividad de las firmas estadounidenses. En contraste, una legislación permisiva con las alianzas entre firmas del mismo ramo estuvo en el centro de la posición competitiva que alcanzaron en distintos sectores las firmas alemanas, japonesas, y, en menor medida, italianas y danesas.

restricciones, la cooperación horizontal no sólo no perjudica el entorno competitivo sino que lo mejora.

A pesar de las limitaciones que existen en la literatura económica para comprender de manera adecuada a la colaboración tecnológica horizontal, el subdesarrollo se refleja más en la subcomprensión de la cooperación tecnológica institucional¹²; es decir, las relaciones cooperativas que se establecen entre las empresas y las universidades o los centros de investigación.

Tabla 1. Los tipos de cooperación tecnológica de las firmas y sus fines

Tipos	Socios	Fines
Vertical	Proveedores y clientes	Cuando las firmas no son directamente competidoras, sino independientes en el mercado o de bienes complementarios, la cooperación está asociada con mayores niveles de inversión en I&D que son independientes de algún nivel crítico de <i>spillovers</i> . Esta cooperación con los clientes se enfoca al desarrollo de nuevos productos, novedosos o complejos (Tether, 2002). Por su parte, la meta de la cooperación con los proveedores ha estado más ligada a la reducción de costos, subcontratar actividades a los proveedores y/o desarrollar arreglos cooperativos para reducir costos.
Horizontal	Competidores, rivales	La investigación de la organización industrial sobre cooperación en I&D ha puesto poca atención a esta modalidad. Se ha enfocado, principalmente, en las alianzas para alcanzar economías de escala y sobre los acuerdos para minimizar los costos y disminuir los riesgos de los proyectos tecnológicos.
Institucional	Universidades, centros de investigación	La cooperación entre las universidades y la industria se ha intensificado (Hall et al., 2000). Las firmas ven a la ciencia pública como una fuente externa de acceso rápido y que privilegia el entendimiento de nuevo conocimiento. La ciencia es más importante como fuente de información para la innovación en aquellos campos basados en la ciencia y la tecnología. Además, la cooperación con la academia es vista como una fuente no cara del conocimiento especializado. También, la naturaleza más genérica de la investigación con las universidades y las instituciones de investigación implica menos problemas de apropiación (Cassiman y Veugelers, 2002).

Fuente: elaboración con base en Belderbos et al. (2004: 1237-1241).

La cooperación vertical se establece entre una firma y sus proveedores o sus clientes, generalmente intercambiando insumos que son complementarios en el proceso productivo. La cooperación horizontal está relacionada con los acuerdos entre las firmas que son rivales directos en el mercado, pero que comparten objetivos comunes como el desarrollo de nuevas tecnologías.

¹² En este trabajo se reconoce que los esfuerzos realizados para la incorporación de las instituciones en el análisis económico es de gran valía; en esos avances no cabe duda que tanto empresas como universidades podrían ser consideradas, en primer término, como instituciones, y como organizaciones, en segundo. Sin embargo, denominar a la cooperación empresa-universidad como interorganizacional podría confundirse con la cooperación interfirma; y, siendo rigurosos, lo mismo podría pasar al considerar dicha colaboración como interinstitucional, pero como no se encuentra un mejor término para denominarla y dada su mayor aceptación, aquí, se considera a la cooperación tecnológica empresa-universidad como colaboración interinstitucional.

Por su parte, la institucional es un tipo de cooperación entre las firmas y otras organizaciones como las universidades, en la cual se llegan a desarrollar proyectos conjuntos beneficiando a todas las partes mediante, por ejemplo, las derramas del conocimiento (véase tabla 1).

La cooperación horizontal es más común en los sectores de alta tecnología y está menos extendida en los sectores de tecnología media. A la inversa, la cooperación vertical es más frecuente en los sectores de baja tecnología e involucra a las firmas que consideran que la ausencia de mercados de información constituye un obstáculo para la innovación, por lo que procuran la cooperación con los clientes. Las firmas que cooperan con los rivales no enfrentan obstáculos similares; esto tiende a confirmar que los rivales se asocian con la finalidad de explotar las economías de escala y reducir los costos individuales de la innovación en los sectores de alta tecnología (Miotti y Sachwald, 2003: 1490).

Miotti y Sachwald añaden que las firmas que cooperan con las instituciones públicas no necesariamente están concentradas en los sectores intensivos en I&D. Sin embargo, tienden a confiar en los recursos de la ciencia para innovar. La cooperación de este tipo no busca enfrentar los obstáculos de los costos para la innovación, por el contrario, las firmas que cooperan con las instituciones públicas consideran que un mercado insuficiente de información constituye un obstáculo para la innovación. La cooperación con las universidades busca recursos complementarios para trabajar en la frontera tecnológica.

Tanto la cooperación vertical como la institucional incidirán positivamente en el desempeño innovativo de las firmas. En el caso de la cooperación vertical, la influencia positiva se explica por el hecho de que los clientes son esenciales durante el desarrollo de nuevos productos y, en especial, a la hora de definir las características que deben poseer (Tether, 2002; en Surroca y Santamaría, 2006). Por su lado, los proveedores juegan un papel importante en la reducción de costos de producción y desarrollo; en la disminución de retrasos y riesgos de fracaso de los proyectos; y en el incremento de la calidad y adaptabilidad al mercado de los productos (Surroca y Santamaría, 2006). La cooperación institucional también tiene un papel relevante en la culminación del proceso innovador, especialmente cuando la empresa trata de alcanzar innovaciones dirigidas a nuevos mercados o nuevos segmentos de los mismos.

1.2.1. Importancia del conocimiento universitario en el desempeño de las empresas

La observación de que la I&D crea una capacidad para asimilar y explotar nuevo conocimiento, proporciona una explicación inicial del por qué las firmas (sobre todo de industrias de alta tecnología) tienen que invertir en investigación básica aún considerando que la mayoría de los nuevos hallazgos y descubrimientos se originan en los dominios universitarios. Esta perspectiva del papel de la investigación básica en las empresas ofrece un punto de vista diferente a las conclusiones de Nelson (1959b), Arrow (1962), Romer (1986) y Audretsch (2005), ya que a medida que el progreso tecnológico de una firma deviene más estrechamente vinculado a la investigación de frontera, la firma incrementará su investigación básica, independientemente de la diversificación de producto en el mercado. También se sugiere que no sólo la investigación se diversifica más, sino que las firmas incrementan su I&D conforme desarrollan capacidades de absorción (Cohen y Levinthal, 1990: 148; Cockburn y Henderson, 1998:158-159).

En este contexto, un tipo de conocimiento de fundamental importancia para la industria es el *saber cómo* (que es la parte más operativa o es simplemente conocimiento aplicado); aunque, el *saber por qué* también resulta central cuando se necesita comprender los procesos científicos que a veces son muy abstractos pero para los cuales se buscan aplicaciones industriales y su comercialización. El acceso a los modelos teóricos que aparentemente son públicos, requiere de enormes inversiones en aprendizaje antes de que la información sea de alguna utilidad para la empresa. Ésta es una de las razones más fuertes para justificar la presencia de las compañías en ambientes académicos y de su participación en la investigación básica (Lundvall, 2004: 24-26).

La firma también tiene que resolver problemas como ponderar entre el desarrollo de las capacidades de absorción internas y las necesarias para mantenerse al día en los desarrollos externos o incluso provocarlos ella misma; es decir, al interior de una organización se tiene que resolver el asunto de no hacer redundante el conocimiento, y al mismo tiempo, mantener una interacción efectiva entre los departamentos; al exterior, la firma debe contar con expertos para valorar el conocimiento que está, por ejemplo, en las universidades, lo cual exige a la empresa contar con un equipo multidisciplinario que le permitirá desarrollar mayores capacidades de absorción en ambos sentidos.

En fin, dado que la producción de conocimiento científico requiere de grandes inversiones, porque genera derramamientos y debido a su difícil entendimiento, las empresas al tiempo de invertir para desarrollar capacidades básicas internamente, también se vinculan con las

universidades para monitorear, entender y, en consecuencia, explotar los nuevos descubrimientos científicos.

Debido a que muy poco conocimiento es perfectamente público, aún la información de *saber qué* puede ser imposible de acceder por aquellos que no están conectados en las telecomunicaciones o en las redes sociales. El científico y otros tipos de conocimiento complejo pueden ser perfectamente accesibles, en principio, pero para accederlo de forma efectiva los usuarios tienen que invertir en la construcción de capacidades de absorción (Lundvall, 2004; Cohen y Levinthal, 1990).

Otro elemento importante del por qué las empresas deben invertir en conocimiento científico es que necesitan tener competencias especializadas y encontrar a los expertos más competentes y confiables que les permita estar vinculadas con otros científicos o especialistas de otras organizaciones. Estas relaciones no son públicas, tampoco es posible transferirlas (no pueden ser compradas o vendidas en el mercado) (Lundvall, 2004: 27).

Shane y Stuart (2002: 158) sugieren que los nuevos proyectos que carecen de las dotaciones iniciales de los recursos necesarios podrían desarrollar estructuras, procesos internos y recursos humanos inferiores en relación a sus competidores¹³, y de esta manera, pueden desarrollar una reputación de baja calidad que puede ser difícil de superar. Y es que la competencia de la firma determina las direcciones en las cuales ésta expande sus actividades (Penrose, 1959); es la especificidad de la base del conocimiento lo que delinea el patrón específico de crecimiento económico.

Por otro lado, mucho del conocimiento detallado de las rutinas y los objetivos organizacionales que le permiten a una firma y a su laboratorio de I&D funcionar es tácito (Cohen y Levinthal, 1990: 135). Así, con el fin de adquirir, transferir y utilizar el conocimiento tácito; las empresas utilizan una combinación de capacidad de absorción interna y de vínculos fuertes con las universidades y que son complementarios en el proceso de la innovación en términos de sus propios resultados y que contribuyen al mejoramiento de la curva de aprendizaje de la firma (Lund, 2004: 258).

¹³ La presencia de vínculos directos e indirectos con los inversionistas de los proyectos (en las *start-ups*) en la búsqueda de financiamiento para la firma, claramente disminuye el riesgo de mortalidad en los primeros años e incrementa la probabilidad de que las *start-ups* obtengan financiamiento externo (Shane y Stuart, 2002: 168).

Este componente tácito del conocimiento requiere una estrecha interacción entre las organizaciones que participan en el aprovechamiento de conocimientos, dicha interacción va más allá de la simple firma de contratos para la transferencia de conocimiento científico y tecnológico. La parte tácita es la que hace inviables a los contratos formales para el compartimiento de conocimiento.

Lo tácito también se relaciona con la transferencia y el carácter público del conocimiento; al respecto, se ha sostenido que a mayor conocimiento tácito, más difícil es compartirlo. Este tipo de conocimiento no ha sido documentado o hecho explícito por quien lo usa y lo controla (Lundvall, 2004: 28). En este sentido, Agrawal (2001: 291) señala que es interesante hacer notar que la transferencia de conocimiento tácito está en el corazón de la mayoría de los trabajos de investigación que abordan la cuestión de la cooperación relacionada con el conocimiento. En concordancia, Agrawal menciona que la conectividad entre los agentes es importante sólo porque el conocimiento relacionado con una invención no es completamente transferido en la forma codificada de patentes o publicaciones, por lo que requiere interacción entre el inventor y la firma receptora.

Agrawal, después de hacer una exploración de los trabajos que abordan la colaboración de las empresas con las universidades y de resaltar las características de las firmas que se involucran en ese proyecto, sugiere que la mayoría de trabajos aborda el problema de cómo fortalecer y ampliar las capacidades de absorción de las empresas. De tal suerte que, las compañías deben considerar varios mecanismos de asignación de recursos para incrementar la capacidad de absorción, tales mecanismos pueden ser: (i) contratar y reclutar estudiantes graduados; (ii) contratar investigadores académicos como consultores; (iii) modificar los incentivos internos para publicar o patentar; (iv) financiar investigación universitaria; (v) participar en consorcios de investigación; (vi) enviar a los científicos de las compañías a los laboratorios universitarios como científicos visitantes; y (vii) involucrarse en investigación colaborativa con los científicos de las universidades que puede dar como resultados la publicación o las patentes compartidas (Agrawal, 2001: 290-291).

En resumen, aunque las empresas pueden beneficiarse de la colaboración tecnológica universidad-empresa, éstas necesitan hacer inversiones importantes en investigación básica porque existe la necesidad de construir capacidades de absorción para asimilar, explicar y explotar industrialmente el conocimiento proveniente de las universidades. Además, una

especificidad de tales inversiones está relacionada con el requerimiento de competencias especializadas y de capital humano indispensable para vincularse exitosamente con la universidad. Pero, también como el conocimiento tiene un componente tácito importante, las firmas no pueden explotar todo el conocimiento a partir de una patente o de un artículo científico, por ello la construcción de las capacidades y habilidades es indispensable. Para las firmas, una vez que han logrado cubrir estos requisitos mínimos previos para la colaboración institucional, en lo sucesivo, estarán ante la posibilidad de fortalecer y ampliar las capacidades mediante esta misma cooperación, lo que les otorgará mayores ventajas frente a sus rivales competidores.

1.3. ¿Por qué la cooperación tecnológica?

Los resultados de la investigación científica y tecnológica poseen ciertas características que los diferencian de las demás mercancías, y éstas influyen en las decisiones de los empresarios de invertir o no en los proyectos de investigación (véase tabla 2).

Tabla 2. Rasgos sobresalientes de las propiedades del conocimiento

Propiedad	Rasgos
<i>Incertidumbre</i>	Las inversiones en los proyectos de investigación conllevan gran riesgo, y la probabilidad de obtener un producto o proceso esperado y comerciable, es muy baja.
<i>Inapropiabilidad</i>	El mercado no garantiza que los poseedores de información puedan apropiársela toda. El conocimiento siempre tiene un grado de <i>tacitud</i> que ni las patentes pueden evitar.
<i>Indivisibilidad</i>	La información es completa o no tiene utilidad. Cuando se compra información el monopolio se termina y ésta puede imitarse; además, es útil sólo cuando se conoce.
<i>Acumulatividad</i>	El desarrollo de más conocimiento está en función de las capacidades adquiridas previamente, y éstas otorgan más posibilidades de obtener y mejorar productos y procesos.
<i>No especificidad</i>	La investigación genera externalidades y problemas de <i>apropiabilidad</i> . Un proyecto de una empresa, puede beneficiarla mínimamente, pero puede beneficiar a otras que no invirtieron.
<i>Retrasos</i>	La investigación, conforme avanza, abre las posibilidades de indagar en otros frentes en lugar de los originales y eso implica retrasos o que se obtengan resultados inesperados.
<i>Costos elevados</i>	Los proyectos de investigación demandan inversiones cuantiosas, pero éstas necesitan altos retornos rápidos y, a veces, los proyectos escapan a las posibilidades de las empresas individuales.

Elaboración propia con base en varios autores, pero principalmente con base en Arrow (1962) y Kay (1988).

Nelson (1959a), establece que en el desarrollo científico y en la invención, existe incertidumbre y conforme nos acercamos al extremo de la ciencia básica hay mayor incertidumbre respecto a los resultados esperados y, por el contrario, a medida que nos aproximamos a la ciencia aplicada, la incertidumbre es menor; por lo tanto, en esta fase existe una probabilidad más alta de que un proyecto refleje los resultados o ganancias esperadas. Pero,

el mismo Nelson (1959b) reconoce que los mayores avances para la sociedad y la economía provienen de la ciencia básica¹⁴.

Arrow supone que la incertidumbre sólo ocurre en las relaciones de producción. Los productores toman una decisión sobre los insumos en este momento, pero los productos no pueden pronosticarse por completo a partir de los insumos. Así, la producción de un bien bajo incertidumbre puede describirse entonces como la producción de un vector de opciones de bienes (Arrow, 1962: 155).

En cuanto a la apropiabilidad, Arrow (1962) sostiene que ninguna cantidad de protección puede convertir algo tan intangible como la información en un bien completamente apropiable; su mismo uso en cualquier forma productiva, necesariamente la revela, por lo menos en parte.

Para Pavitt (1984) y Teece (1988), el cambio técnico es un proceso específico y acumulativo para las empresas. Lo que éstas pueden hacer técnicamente en el futuro está condicionado por lo que han hecho. De forma paralela, actividades centrales distintas generan trayectorias tecnológicas divergentes que pueden explicarse por especificidades sectoriales.

Por su lado, Kay (1988: 283) señala que la no especificidad es relevante ya que mucha I&D no es producto-específica porque una pieza particular de trabajo se puede traducir en una variedad de productos finales; además, la I&D genera sinergias tecnológicas o economías de alcance. También, mucha I&D no es firma-específica debido a que genera externalidades y problemas en los derechos de propiedad. En cuanto a los retrasos, Kay menciona que, normalmente, un proyecto importante toma muchos años antes de que sea encuadrado en mercancías comerciales; dichos retrasos pueden retroalimentar a otros problemas como el peligro de perder la propiedad del conocimiento, el aumento de costos e incertidumbre.

Pero, ¿cómo es que las propiedades del conocimiento influyen en las decisiones que toman las empresas para cooperar tecnológicamente? Veamos: lo que sucede es que mediante los acuerdos de colaboración las empresas intentan mitigar las economías de fricción que representan estas propiedades. De este modo, la colaboración permite distribuir los riesgos que implican los proyectos de investigación. Por ejemplo, si se trata de una firma individual, los mayores riesgos en los que se incurre, se relacionan con mayores costos. Adicionalmente, todas las propiedades implicarían —si no se diera la cooperación—, en algunos casos, costos prohibitivos de la

¹⁴ Por ejemplo, Griliches (1958) en un análisis empírico sobre el maíz híbrido, concluye que los rendimientos de las plantas de maíz fueron crecientes en relación con la inversión en investigación básica.

investigación para sólo una empresa. Esto es lo que hace que en un análisis competitivo convencional, teóricamente haya siempre subinversión privada en las actividades científicas y tecnológicas, haciendo necesaria, de esta manera, la colaboración interfirma.

Por otro lado, lo que impulsa a las empresas para buscar la colaboración no son causas homogéneas. Más bien, los motivos responden a los intereses de cada empresa, por lo que, algunas veces, serán para complementar el potencial innovativo, otras para comercializar los nuevos productos tecnológicos y, otras para evitar la duplicidad e incrementar las inversiones. De cualquier manera, Freeman (1991) señala que las formas de cooperación interfirma más importantes son las tecnológicas, ya que fortalecen la competitividad de la empresa.

Entre los principales motivos tecnológicos que se toman en cuenta para establecer ciertos acuerdos de cooperación¹⁵ interfirma o interinstitucional se encuentran los siguientes:

- a) la *transferencia de tecnología* que se refiere al flujo de tecnología (información) de una firma o institución a otra, una licencia de patente es la forma más común;
- b) la *complementariedad tecnológica* que es una forma de transacción de largo plazo donde la tecnología es intercambiada o compartida entre dos o más partes, el acuerdo proporciona un compartimiento del conocimiento de las organizaciones, generalmente para el desarrollo de nuevos productos;
- c) los acuerdos de *comercialización* (de nuevos productos o procesos) que se llevan a cabo entre una firma manufacturera y una firma distribuidora o comercializadora;
- d) *riesgos y costos compartidos*: implican el manejo de la operación por uno de los socios, mientras que los otros contribuyen con el capital y asumen parte del riesgo de fallar (Mariti y Smiley, 1983: 440-441; Hagedoorn y Schakenraad, 1990: 9-13);
- e) *acortamiento del periodo (de vida del producto)* entre el descubrimiento y la introducción al mercado de un nuevo producto, o también la reducción del ciclo del producto;
- f) el *monitoreo* de la evolución *de las tecnologías* y las nuevas oportunidades de negocios (Hagedoorn y Schakenraad, 1990: 9-13);
- g) la *internalización de las externalidades-spillovers* del conocimiento (Veugelers, 1998; Caloghirou et al., 2008).

Los tres primeros motivos, son los que se señalan de manera recurrente en la literatura económica; pues muchas empresas trabajan con licencias otorgadas por otras, ante la imposibilidad de acceder a la alta tecnología en el corto plazo; mientras que muchos acuerdos tienen la finalidad exclusiva de complementar sus activos tecnológicos o para alcanzar capacidades y habilidades tecnológicas cuyo desarrollo interno, incluso, podría ser prohibitivo.

¹⁵ Estas causas generales de la propensión a cooperar son identificadas principalmente por Mariti y Smiley (1983) y, Hagedoorn y Schakenraad, (1990). Sin embargo, no pretenden ser exhaustivas debido a que según se trate de la perspectiva teórica, algunas motivaciones tendrán mayor peso que otras. Al respecto, véase el trabajo de Veugelers (1998).

Por su parte, los acuerdos impulsados por la comercialización son más representativos de las nuevas y pequeñas empresas de alta tecnología que buscan los nichos de mercado para los nuevos productos o procesos, pero por la ausencia de una red de distribución necesitan recurrir a una empresa que tenga una fuerte presencia en el mercado para introducir de manera exitosa esos nuevos productos o procesos.

En los acuerdos establecidos para acceder al mercado, una empresa puede proporcionar capacidades tecnológicas de manufactura u otras, a cambio de ventajas en la comercialización. Este tipo de acuerdos son muy comunes en las industrias de alta tecnología, donde las pequeñas empresas ofrecen notables avances o descubrimientos tecnológicos, pero carecen de presencia o redes de distribución en el mercado y, entonces, buscan aliarse con una gran empresa reconocida en este ámbito (Rocha, 1997; Mowery et al, 1998; Campart y Pfister, 2003).

De acuerdo con Foray (1991: 402), en lo que respecta al financiamiento de la I&D; lo que más se observa es el aprovechamiento de la forma de riesgos compartidos, pues al impulsar un megaproyecto que rendirá frutos a muchas empresas y dadas la no especificidad y la incertidumbre en los productos de la investigación, las empresas son más propensas a cooperar para mitigar los elevados costos de financiamiento y los problemas de no apropiabilidad absoluta.

El hecho de que en nuestros días nos encontremos ante un escenario donde la vida útil o más bien comercial de un producto se acorte, obliga a las empresas a entrar en una carrera innovativa continua que, individualmente, puede resultar muy costosa por lo que éstas buscarán la colaboración para no quedarse al margen de los nuevos desarrollos tecnológicos y científicos, *máxime* cuando ahora se habla más de economías de variedad que de economías de escala.

Una motivación que ha impulsado muchos de los acuerdos de cooperación tecnológica en los últimos años, es el monitoreo de las nuevas tecnologías y los nuevos descubrimientos de los diversos sectores industriales y campos del conocimiento. De este modo, las firmas interesadas en estar a la vanguardia buscarán aliarse con las empresas intensivas en conocimiento, con los centros de investigación, o de manera más genérica con las universidades.

Taboada (2004: 168-171) presenta una clasificación de la cooperación tecnológica que resume varios de los elementos que hacen propensas a las empresas a cooperar, aunque algunas de las motivaciones quedan englobadas en categorías más generales que hacen confusas las particularidades. Sin embargo, se rescata esa clasificación para profundizar en una de sus modalidades que no se señala en la lista previa:

- i) alianzas tecnológicas estratégicas¹⁶: acuerdos en los que las actividades conjuntas de I&D u otras actividades innovativas son lo central y se asumen para posicionar el producto en el mercado pensando en el largo plazo para al menos uno de los socios;
- ii) acuerdos para compartir o transferir tecnología: se proporciona *know how* a través de la transferencia de información, planos, herramientas y personal. La finalidad es que las firmas permitan el acceso a su tecnología porque así conviene a sus intereses;
- iii) subcontratación tecnológica: el subcontratista complementa sus propias capacidades con asistencia de la firma a la cual provee. La relación adquiere cierta estabilidad que es importante por: a) induce a los subcontratantes a asumir el riesgo de una especialización en habilidades y equipo, y b) da paso a la cooperación para el desarrollo de especificaciones, procesos y diseños del producto subcontratado¹⁷.

Debe reconocerse que una parte importante del proceso de la cooperación se compone por la subcontratación tecnológica; fenómeno observado sobre todo en las relaciones cliente-proveedor, como lo señala Taboada; aunque puede encontrarse también en las empresas que por la velocidad de los cambios en los diseños y en los materiales de los productos requieran contar con los servicios especializados de empresas tecnológicas, normalmente pequeñas pero capaces de adaptarse a las exigencias y especificaciones de los clientes. Para ello se requiere una colaboración tecnológica muy estrecha entre los equipos humanos de ambas firmas.

En general, las motivaciones para emprender acuerdos de cooperación tecnológica responden a las necesidades que tienen las empresas para superar o hacer más accesibles los grandes desafíos que existen para acceder al conocimiento y a la nueva tecnología; esto es, las empresas tratarán siempre de obtener capacidades tecnológicas para alcanzar un mejor desempeño innovativo y a la larga obtener ventajas competitivas. Para ello requieren fuertes inversiones en ciencia y tecnología, y como las actividades implícitas y explícitas en estos rubros se caracterizan por elevados riesgos, altos costos, no apropiabilidad absoluta, retrasos e incertidumbre; entonces, las empresas mediante la cooperación mitigan estas problemáticas.

¹⁶ Un acuerdo interfirma interesante es la alianza estratégica que es una relación bilateral o multilateral caracterizada por el compromiso de dos o más firmas socias para lograr una meta común. Una alianza estratégica podría incluir: (1) intercambio de tecnología, (2) I&D conjunta, y/o (3) compartimiento de activos complementarios. Las alianzas estratégicas, incluyendo los consorcios y las empresas conjuntas, son con frecuencia una manera efectiva y eficiente para organizar la innovación, particularmente cuando una industria se encuentra fragmentada (Jorde y Teece, 1990: 85; Teece, 1992: 19).

¹⁷ En las dos últimas definiciones, la autora cita a Richardson (1972).

1.3.1. Externalidades y cooperación tecnológica

En el apartado anterior se han analizado la mayoría de los factores que impulsan a los acuerdos de cooperación tecnológica; sin embargo, una preocupación que aparece en la literatura es que existe una necesidad de entender mejor las implicaciones de los *spillovers*¹⁸ (particularmente para comprender mejor la relación empresa-universidad). Asimismo, se invita a examinar los acuerdos cooperativos en el contexto de redes de negocios (Caloghirou et al. 2008: 37-38; Veugelers, 1998: 4-9). Estas preocupaciones se comparten en este trabajo, y aunque sea modestamente se pretende encontrar una explicación de la relación *spillover*-cooperación.

Algunos trabajos han mostrado la importancia de la inversión en ciencia y tecnología para el mayor bienestar y la mejora competitiva de las empresas; como efecto de las economías de derrame que alcanzan a los agentes que ni siquiera invierten en estos campos. El trabajo de Nelson (1959a y 1959b), basado en un análisis de la economía del bienestar, llega a la conclusión de que las empresas (convencionales) nunca invertirán lo suficiente en investigación como una condición para la aparición de las economías externas¹⁹.

Por su parte, Marshall (1920; en Thompson *et al.*, 2005: 450) desde hace casi un siglo estableció que los mayores beneficios para las empresas aglomeradas y a la vez más especializadas, se debe a economías (externas) derivadas de una mayor producción y del crecimiento del conocimiento o del progreso de las técnicas industriales. Marshall (1920: 265-266) también señala que muchas de las economías encontradas en el ambiente industrial y derivadas de las habilidades especializadas o de la maquinaria, no dependen del tamaño de las

¹⁸ Los *spillovers* del conocimiento reflejan la transferencia de conocimiento (no necesariamente incorporado en un producto o servicio) sin una compensación adecuada. Estos *spillovers* del conocimiento pueden ser horizontales o verticales (Caloghirou et al. 2008: 14-15). En este trabajo se agregarían los *spillovers* institucionales que representarían los flujos de conocimiento que existen entre las universidades y las empresas.

¹⁹ “Es claro que los adelantos significativos del conocimiento deben buscarse sobre todo en la investigación básica...Pero los esfuerzos... tenderán a generar considerables economías externas. No es probable que las oportunidades de ganancia privada tiendan por sí solas a atraer hacia la investigación básica la cantidad de recursos socialmente conveniente.

... Pocas empresas operan en un amplio campo de actividad económica que puedan beneficiarse directamente de todas las posibilidades tecnológicas creadas por los resultados de un esfuerzo exitoso de investigación básica. Para capturar el valor del conocimiento nuevo en campos en que no desee entrar, la empresa debe patentar las aplicaciones prácticas y vender o rentar las patentes a empresas de las industrias afectadas.

... A menudo el conocimiento nuevo tiene mayor valor como insumo clave de otros proyectos de investigación que, a su vez, pueden generar resultados de valor práctico y patentable... Por lo tanto, es muy probable que una empresa no pueda captar a través de los derechos de patente todo el valor económico creado en un proyecto de investigación básica que patrocine” (Nelson, 1959b: 143-144).

fábricas individuales. Sin embargo, en los tiempos de Marshall no se abordaba la necesidad de inversiones en conocimiento como una estrategia de competitividad sostenida.

En efecto, desde Marshall se reconocía que las empresas que generan nuevos conocimientos en un conglomerado industrial son incapaces de internalizar todos los beneficios potenciales; por lo tanto, ante las fallas del mercado (externalidades), habrá insuficiencia en la asignación de recursos para la producción de conocimientos. Y es que las empresas asumen riesgos en nuevos negocios cuando saben que obtendrán una tasa de ganancia elevada y esto contrasta con las características del conocimiento o de la información como bien económico.

Nelson (1959b) menciona que muchas industrias han tratado de conciliar su necesidad de conocimientos nuevos con la falta de incentivos a las empresas privadas, mediante la creación de cooperativas de investigación industrial. En la medida en que una industria descansa en un campo científico que probablemente logre escasa investigación aplicable, puede convenir a todas el impulso de la investigación, aunque cada empresa preferirá que las demás carguen con los costos.

De acuerdo con Foray (1991), una condición para que las empresas se interesen en la inversión de recursos para financiar proyectos de investigación es que todas o la mayoría de ellas tengan la expectativa de obtener alguna ganancia de los mismos, como sucede con las pequeñas empresas de los distritos industriales. En efecto, una ausencia de cooperación significará poca o insuficiente inversión que es indispensable para la propia competitividad de las empresas.

En lo que hacen énfasis Arrow (1962), Nelson (1959b) y Griliches (1958) es que los beneficios marginales privados de las mayores inversiones en ciencia y tecnología pueden ser nulos o negativos en relación con los costos de financiamiento, no obstante, mientras los beneficios marginales sociales sean mayores siempre convendrá invertir más en conocimiento científico y tecnológico. En consecuencia, para que un proyecto de investigación beneficie a una industria o a un grupo de empresas, conviene que sea financiado por el mayor número de empresas, porque todas o la mayoría será beneficiada por las economías externas²⁰.

Monjon y Waelbroeck (en Link et al., 2003: 1219) también sostienen que los *spillovers* puros de conocimiento generan el mayor beneficio para las firmas, en comparación a la innovación incremental. Adicionalmente, ellas encuentran que las firmas más innovativas, se benefician enormemente de la investigación colaborativa.

²⁰ Las economías externas abren una brecha entre el beneficio marginal privado y el beneficio marginal social derivado de la investigación básica (Nelson, 1959b: 146).

En otros trabajos se sostiene que el aumento en los gastos de I&D también genera un entorno favorable para la creación de empresas especializadas y avanzadas tecnológicamente (mejorando el entorno competitivo). En efecto, Audretsch (2005: 38) destaca que el espíritu emprendedor es una respuesta endógena a las oportunidades generadas por las inversiones en nuevo conocimiento, combinada con su incapacidad para explotar exhaustivamente las oportunidades de comercialización de ese conocimiento. Por su parte, en el modelo de Romer (1986), el nuevo conocimiento se asume automáticamente como un *spillover* que es automáticamente aprovechado por otras firmas y agentes económicos. Cimoli (2007: 11) aborda las externalidades del conocimiento como redes en las que se hace explícito el rol complementario de la cooperación, la coordinación y la competencia.

En este sentido, lo que la noción de externalidad muestra, en lo negativo, es todo el trabajo que debe hacerse, todas las inversiones que deben realizarse para hacer relaciones calculables en la red. Así, la comprensión de las externalidades es limitada ya que uno necesita ir más allá de eso, los agentes deciden reformularse –para internalizar las externalidades– porque otras externalidades aparecen²¹ (Callon, 1999: 187).

Derivado de las líneas previas, una primera relación que se encuentra entre la existencia de los *spillovers* del conocimiento y la necesidad de la cooperación es que las empresas de manera individual no invertirán los recursos suficientes para financiar los proyectos de investigación (porque no podrán internalizar todos los beneficios de la investigación), por lo que resulta claro que hay necesidad de cooperar para compartir los altos costos y disipar, en parte, los riesgos. Este es el fundamento que se encuentra en la formación de consorcios para la innovación en los distritos industriales. Pero, hasta aquí la participación de las universidades, como agentes generadores de externalidades-*spillovers* del conocimiento, ha estado ausente. Por tanto, ¿qué sucede con su incorporación en el análisis?

Lo que normalmente se piensa es que el conocimiento generado y difundido por las universidades está disponible y listo para usarse o explotarse por cualquiera que lo intente; es decir, el conocimiento se asume como un bien público. Entonces, todos los artículos publicados

²¹ Yo sugeriría el término “sobreflujo” (dice Callon) para denotar esta imposibilidad de total formación. Es imposible eliminar todo sobreflujo. Para asegurar que un contrato no sea roto, para delimitar las acciones que pueden emprenderse, los agentes tratan de movilizar un conjunto completo de elementos; éstos son objetos limitados que hacen posible la formación y la estabilización de acciones, mientras simultáneamente proporcionan una apertura sobre otros mundos (Callon, 1999: 187-188).

en las revistas disponibles podrían aprovecharse para mejorar las técnicas o procesos productivos o hasta para industrializar algún producto nuevo. Estos supuestos implicarían que si las universidades son los agentes, por excelencia, para la producción del conocimiento y si éste es público provocando enormes externalidades positivas o derramas, ¿qué necesidad habría por parte de las firmas para colaborar con las universidades? Veamos:

En principio los recursos/activos de las organizaciones son únicos, no sustituibles y no pueden ser fácilmente imitados (Penrose, 1959). Por consiguiente, si se pretende explotar el stock existente de recursos heterogéneos e inmoviles y, por lo tanto, desarrollar ventajas competitivas, una empresa necesitará acceder a los recursos complementarios externos (Richardson, 1972). De este modo, aunque el conocimiento de las universidades parezca fácil de aprovechar, el proceso no es sencillo, de entrada las firmas necesitan desarrollar internamente capacidades de absorción previas (Teece et al. 1997; Cohen y Levinthal, 1990; Lundvall, 2004). Además, si le agregamos al conocimiento un componente tácito, las firmas necesitarán interactuar con los agentes originalmente generadores de conocimiento (Lundvall, 2004). Esto es lo que sustenta en un inicio la colaboración de empresas con universidades (véase tabla 3).

Tabla 3. Fines que se persiguen en las alianzas tecnológicas empresa-universidad

Estrategia	Implicaciones
Exploratoria	Búsqueda de descubrimientos y desarrollo de conocimiento que es nuevo para la empresa. Los retornos son inciertos, distantes y, a veces, nulos. Muchas empresas reconocen la importancia de financiar investigación exploratoria interna porque incluye proyectos a largo plazo para alcanzar nuevas capacidades y plataformas de productos. La otra cara de la estrategia es que las empresas desarrollan mayor capacidad de absorción; habilidad para identificar, asimilar y explotar conocimiento del contexto. Las universidades han servido como una fuente de conocimiento científico y técnico fundacional.
Explotadora	Refinación, extensión, complementación y utilización de las capacidades existentes (dentro y fuera de la empresa); estas actividades son generalmente incrementales y de corto plazo; además, la mayoría de I&D industrial es explotadora. La explotación basada en las alianzas con universidades es muy común. Para la universidad, la investigación crea conocimiento que proporciona nuevos hallazgos y avances científicos potenciales. En tanto, para la empresa, este conocimiento mejora una línea de producto existente que le permite un mejor despliegue en sus capacidades existentes e incrementa su participación en el mercado.

Fuente: elaboración con base en Bercovitz y Feldman (2007a: 932-936).

Además, la cooperación empresa-universidad se da en dos niveles. Primero, dadas las características económicas del conocimiento, las firmas para desarrollar las capacidades requeridas necesitarán embarcarse en la colaboración con otras firmas que compartan expectativas, riesgos y costos. Después de alcanzar ciertas habilidades para la comprensión y explicación del conocimiento de frontera, las empresas estarán en la posibilidad de interactuar

con las universidades. En segundo lugar, las empresas pueden estar en la posibilidad de interactuar con las universidades desde un principio, sobre todo cuando se trata de firmas fundadas por científicos o empresas patrocinadas-incubadas por las universidades.

En otro sentido, la cooperación con la universidad puede ser preferible a la colaboración firma-firma, principalmente, en los sectores más competidos y de alta tecnología; así, mediante este mecanismo se evitan los vínculos con los rivales que pueden representar un riesgo para la posición competitiva.

Recapitulando, la teoría de las externalidades-*spillovers* ayuda, en principio, a entender cómo la producción del conocimiento puede beneficiar a otros agentes que no participan en su desarrollo. Sin embargo, el conocimiento no es un bien completamente público (Arrow, 1962; Foray, 2002; Lundvall, 2004), por lo que su aprovechamiento no puede ser directo. Ante esto tenemos escenarios como el de que si una firma contrata una licencia para explotar una patente universitaria, no es suficiente porque la comprensión del conocimiento codificado requiere interacción; o si la empresa adquiere una revista donde se encuentre un artículo científico de central importancia, tampoco es suficiente porque habrá brechas que sólo podrán librarse colaborando con el científico que aporta conocimiento tácito adicional. Por su parte, la universidad no tiene la capacidad para explotar industrialmente una patente, así como para su comercialización, cosa que si puede hacer una firma experimentada. Adicionalmente, ambas organizaciones pueden beneficiarse del acceso a activos físicos complementarios.

1.3.1.1. El contexto que ha propiciado una mayor colaboración empresa-universidad

En el apartado anterior se ha explicado por qué las empresas cooperan tecnológicamente con las universidades, en esta parte se hace un esfuerzo por caracterizar el entorno que ha propiciado un crecimiento exponencial de los acuerdos colaborativos entre estas dos organizaciones.

La interacción entre las empresas y las universidades se ha intensificado. Los primeros antecedentes pueden ubicarse en los Estados Unidos donde, incluso antes de la *Bayh Dole Act* de 1980, varias universidades (MIT, Berkeley y Stanford) participaban en la comercialización del conocimiento, aunque la colaboración se disparó *a posteriori* (Blumenthal et al., 1986; Mowery et al., 1998; Etzkowitz, et al., 2000; Colyvas et al., 2002; Etzkowitz, 2003; Baldini, 2008). Imitando el modelo angloamericano, en muchos países hubo reformas legislativas y organizacionales (Etzkowitz, et al., 2000: 318-326; Etzkowitz, 2002: 1; Baldini, 2008: 290).

La comercialización de la investigación ha emergido como una nueva misión de las universidades. Enfrentadas con dificultades presupuestarias, estas instituciones ahora procuran comercializar sus descubrimientos con la industria y utilizar sus invenciones para crear compañías (Bercovitz y Feldman, 2007b: 382-383).

Otro aspecto de esta creciente colaboración es que nos movemos hacia una economía del aprendizaje donde el éxito se reflejará en la habilidad para aprender. El aprendizaje se entiende como un proceso de adquisición de competencias y habilidades que permiten alcanzar nuevas metas y que pueden llevar a las organizaciones a ser más competitivas (Rahm, 1994: 267; Lundvall, 2004: 37; Lund, 2004: 257). Asimismo, ahora la creación y aplicación de nuevo conocimiento es el principal factor que promueve el crecimiento económico (Agrawal, 2001: 285; Meyer-Krahmer y Schmoch, 1998: 835) y mejora el desempeño de las firmas.

La posesión de conocimiento e información permite a las empresas estar mejor situadas para entender y absorber nuevos conocimientos que se generan en las universidades. Así, las capacidades y/o habilidades para comprender, valorar y aprovechar las ventajas del nuevo conocimiento serán mayores (Lundvall, 2004: 24).

En suma, lo que puede considerarse como un fenómeno nuevo es que los acuerdos de colaboración tecnológica con otras firmas y con las universidades han crecido enormemente en las últimas dos décadas. Pues bien, a medida que nos adentramos en la economía del conocimiento, las actividades productivas de manera directa o indirecta y progresivamente se van vinculando con el conocimiento de frontera (mucho del cual se genera en las universidades).

Asimismo, a nivel de la universidad, las tendencias mundiales de las políticas económicas han puesto énfasis en una mayor privatización de los servicios financiados por el Estado-gobierno como la educación superior y, la ciencia y la tecnología; por lo tanto, los gobiernos han persuadido a las universidades para que busquen fuentes alternas de financiamiento; en consecuencia, una estrategia es el fortalecimiento de la propiedad intelectual y la comercialización de parte del conocimiento, otra es el acercamiento con el sector privado (empresas) para financiar de manera compartida costosos proyectos de investigación o para buscar el patrocinio privado de la investigación. La otra cara de la moneda es que se busca la incorporación rápida a la economía del conocimiento impulsando a las universidades —no disminuyéndoles los subsidios sino ampliando sus funciones convencionales— como plataformas

de nuevos campos de conocimiento que son caldos de cultivo para la formación de nuevas empresas tecnocientíficas que produzcan bienes y servicios de altísimo valor agregado.

Por lo anterior, Etzkowitz señala que estas preocupaciones sugieren que algunas firmas actúan más como universidades, pues desarrollan un interés por generar y compartir conocimiento; mientras tanto, las universidades se han convertido más como firmas al hacer valer un interés financiero y de propiedad en el conocimiento comercializable (Etzkowitz et al., 2000: 327; Etzkowitz, 2002: 4). Pero, más bien habría que pensar en que las firmas actúan como protouniversidades y que las universidades actúan como protoempresas.

1.3.2. Cooperación tecnológica y competitividad

Hasta ahora, parece que hay un consenso de que el desarrollo tecnológico es necesario para aspirar a mayores niveles de competitividad²², ya sea a nivel de las organizaciones, de los sectores o de los países; pero, como ha quedado claro, el desarrollo de las nuevas tecnologías no es una tarea fácil que se pueda derivar del movimiento de las libres fuerzas del mercado. Para superar o mitigar los desafíos que impiden una mayor inversión en los proyectos de investigación se ha propuesto la cooperación como un mecanismo de coordinación de recursos conjuntos.

Desde los trabajos pioneros, primero de Schumpeter (1912), luego de Marshall (1920), y más tarde del mismo Schumpeter (1928 y 1950) se reconoció que la innovación es un factor crucial en la explicación del ciclo de los negocios y de la dinámica del crecimiento económico. En este sentido, Freeman (1988) establece que los fenómenos relacionados con la tecnología se constituyen como una fuerza fundamental para formar los patrones de transformación de la economía. El papel de la tecnología en el sistema económico, se puede extrapolar al rol que puede jugar en el desarrollo de capacidades innovativas y competitivas de las empresas. En tanto que la cooperación tecnológica ejerce un papel central en la competitividad que podrían alcanzar las empresas (Teece, 1992; Teece et al., 1997; Taboada, 2004; Laursen et al., 2010).

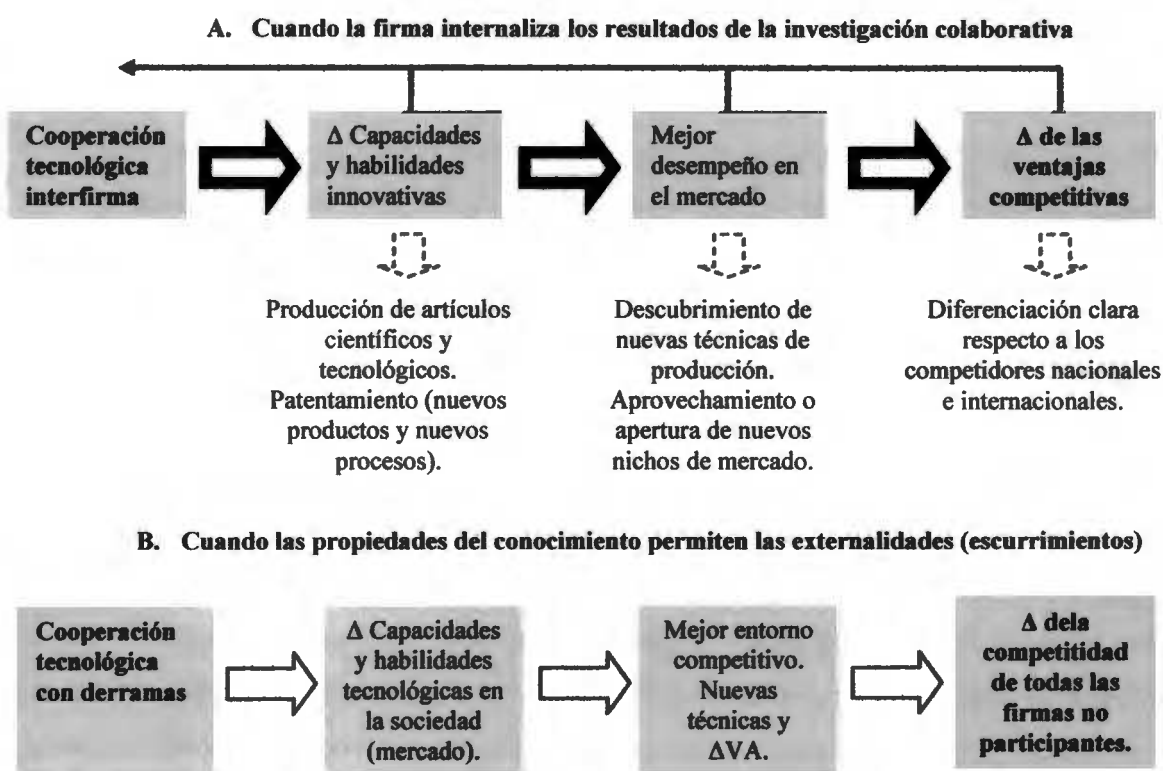
De hecho, en las perspectivas de la competitividad uno de sus apoyos centrales es la innovación. También, la noción de competitividad implica la incorporación del progreso técnico en los productos y los procesos. En este sentido, la innovación, la inversión y su interacción con

²² La ventaja competitiva es estratégica porque no puede ser reproducida fácilmente por ningún competidor actual o potencial (Bellon y Niosi, 2000: 57). Así, algunos activos intangibles relacionados con el conocimiento como las publicaciones científicas y las patentes pueden ser indicadores del grado de competitividad de una firma.

las instituciones son consideradas como un aspecto crucial de la competitividad, y más, la innovación, la adaptación y la explotación de la tecnología tienen una relevancia fundamental en la dinámica competitiva (Guzmán, 1997: 62-63, 81).

El conocimiento generado por las empresas por medio de la investigación y la experiencia (que podría ser a través de la colaboración) tienen un gran peso en la ventaja competitiva. Además, las innovaciones tecnológicas dan lugar a cambios en los procesos de producción a medida que se incremente la productividad; los costos de producción disminuyan y los ciclos de vida del producto se acorten (Guzmán, 1997: 81, 84).

Figura 2. El proceso desde la cooperación tecnológica hasta la competitividad



La figura 2 ilustra la secuencia que se sigue después de que las empresas deciden entrar en un acuerdo de colaboración tecnológica, hasta llegar a la construcción de mayores ventajas competitivas. Pero, por las cualidades del conocimiento se tienen dos senderos: el primero está relacionado con las posibilidades que tienen las firmas, individualmente, para apropiarse los resultados de los proyectos de investigación que les permite, inicialmente, potencializar sus capacidades y habilidades innovativas, y después, alcanzar una mayor competitividad. El

segundo tiene que ver con las externalidades positivas que se generan en los desarrollos científicos y tecnológicos que benefician a otras firmas que no participan en la colaboración. Entonces, si se lleva a cabo la cooperación tecnológica, ésta resulta en ganancias de competitividad tanto para las firmas, de manera individual, como para toda la economía.

Así, el concepto de competitividad tecnológica y su relación con la cooperación involucra estrategias de las empresas para obtener algún tipo de ventaja frente a sus competidores, mediante el fortalecimiento de sus capacidades tecnológicas derivadas de la cooperación interfirma e interinstitucional. Esto les permite, por ejemplo, un mejoramiento de los productos y procesos, diferenciación de los mismos, disminución de los costos de producción por el mejoramiento de las técnicas, la introducción de nuevos productos y procesos (cuya apropiabilidad relativa se puede proteger por el sistema de patentes y de marcas), o incluso la búsqueda de nuevos mercados. Tales elementos, permiten a las firmas desarrollar capacidades tecnológicas internas, tener mayor capacidad de absorción de las nuevas tecnologías e interactuar con otras organizaciones de forma complementaria.

Y es que en la dinámica actual de la competencia internacional influye decisivamente la inversión en investigación tecnológica y el flujo de innovaciones de las firmas. En efecto, la competitividad tecnológica es un factor determinante del crecimiento y la presencia de las empresas en los mercados internacionales (Guzmán, 2002: 366-367). Este círculo virtuoso puede acotarse si las empresas no utilizan estratégicamente la colaboración tecnológica, debido a que para muchas firmas -vistas individualmente- puede resultar muy costosa la inversión en los proyectos de investigación.

Asimismo, para enmarcar la importancia de la competitividad es *menester* mencionar que las empresas preocupadas y ocupadas en hacer innovaciones pueden convertirse en monopolios temporales por la explotación de las patentes a las que tienen derecho, según los arreglos institucionales. En consecuencia, es claro que la innovación es un importante instrumento para que las empresas sean competitivas en el mercado (Cefis y Marselis, 2005). No obstante y suponiendo que un emprendedor tiene una idea atractiva que, en caso de ponerla en marcha, le permitiría obtener grandes beneficios, pero carece de capital; aquí se enfrenta un dilema, por un lado, se necesita invertir en tecnología para posicionarse en el mercado (Cefis y Marselis, 2005; Lotti, Santarelli y Vivarelli, 2002); por el otro, no se cuenta con los recursos necesarios para hacerlo. El problema es que la mayor parte de las innovaciones requieren de la instalación de

nuevas plantas o el uso de nueva maquinaria (Sylos, 1966). Sin duda, una estrategia que podrían seguir las firmas que enfrentan este dilema es la cooperación tecnológica.

En suma, si no hay condiciones para que surja y se desarrolle la cooperación tecnológica, se reducen ampliamente las posibilidades de alcanzar mayores capacidades y habilidades innovativas que se pueden traducir en el descubrimiento de nuevos procesos y productos o el aprovechamiento de ciertos nichos del mercado. En efecto, si las capacidades tecnológicas son reducidas, entonces, las posibilidades de las empresas para acceder a mayores niveles de competitividad también se verán limitadas.

1.4. Justificación de la cooperación tecnológica en la economía institucional

En este apartado se pretende analizar y caracterizar los principales elementos teóricos de la economía institucional contemporánea para explicar la cooperación tecnológica. Esto es importante porque, como se señala en la introducción, nuestra adherencia teórica y epistémica es con la manera de proceder de la economía institucional.

Para empezar, la economía de los costos de transacción (ECT) y el propio Coase (1937) establecen que las empresas procuran paliar los costos de transacción de los mecanismos de mercado, y según Ayala (1999) estos costos aparecen por el establecimiento de contratos o de derechos de propiedad para facilitar el intercambio; además, incluyen todos los costos no relacionados directamente con la producción como los pagos para garantizar la organización económica.

La firma extenderá su campo bajo control, en tanto sus costos de realizar transacciones internas sean menores que los que se alcanzarían en el mercado (Taboada, 2004: 2). La internalización de transacciones en la firma mitigan los costos de transacción ocasionados por la racionalidad limitada, el oportunismo de los agentes y la incertidumbre de los mercados; los precios son una señal insuficiente (Williamson, 1975).

La ECT se fortalece por la introducción del supuesto de la conducta oportunista de los agentes (Williamson, 1975, 1985 y 1996). El oportunismo influye sobre la organización de manera creciente a medida que los activos se hacen más específicos, cuando la información es menos perfecta y porque el número de socios es limitado (Bellon y Niosi, 2000: 58).

A mayor complejidad de las transacciones y mayor incertidumbre en el ambiente, se acrecientan las limitaciones de la formalización de contratos como salvaguarda contra el

oportunismo, con lo que se incrementa el atractivo de otros convenios institucionales que ofrezcan una base más sólida a la toma de decisión adaptativa y secuencial, y que al mismo tiempo contenga las tendencias oportunistas (Taboada, 2004).

Una forma de coordinación de la economía que puede mitigar el oportunismo en las relaciones entre dos organizaciones es la forma híbrida. En específico, lo que Williamson refiere como híbrido, es una relación contractual de largo plazo que preserva la autonomía, pero provee de salvaguardas adicionales específicas a la transacción en comparación con las que provee el mercado. La estructura contractual híbrida propone sacrificios menos severos y compromisos creíbles (Taboada, 2004). Dado esto, se puede incorporar a la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad como una forma híbrida de organización económica.

La coordinación híbrida tiene la característica de no perder los incentivos competitivos que a veces faltan en una empresa individual, y de contar con control administrativo, que en el mercado no existe. La coordinación híbrida también garantiza que las propiedades adaptativas cooperativas sean mayores que en el mercado (Foray, 1991; Taboada, 2004).

Recapitulando, la cooperación tecnológica puede explicarse a partir del análisis transaccional porque ésta es un mecanismo que permite sortear de mejor manera los costos de transacción de las actividades innovativas (haciéndolas más rentables, pues se puede ganar más en capacidades tecnológicas que los desembolsos que se tienen que hacer); también, es una forma híbrida porque se encuentra entre los extremos de la empresa y el mercado.

Sin embargo, la perspectiva transaccional es sólo una manera parcial de explicar la cooperación tecnológica, por lo que tiene las siguientes limitaciones: 1) a mayor incertidumbre mayor es la dificultad para especificar un contrato, lo cual significa que los contratos son incompletos, Teece (1988); 2) el conocimiento tácito es muy frecuente, por lo que los errores podrían mitigarse mediante contactos íntimos y de cooperación más que por medio de contratos; 3) se requiere de una hipótesis de sustituibilidad perfecta de recursos o actividades internos y de recursos o actividades externos, pero esto no sucede porque un recurso interno adquiere nuevas cualidades y cambia su naturaleza, el costo de transacción sólo representa el lado negativo del intercambio (economía de fricción), pero no lo positivo (Foray, 1991: 395-396); 4) se requiere de un entorno tecnológico sin cambio, que las técnicas estén dadas, y que la firma no tenga necesidad de transformar su organización.

Asimismo, en la ECT se le otorga una función residual a la cooperación y se limita a la dimensión transaccional de los acuerdos. Aunque se sugiere, los acuerdos no son pasajeros, pues normalmente se renuevan y terminan por hacerse organizaciones duraderas o departamentos de organizaciones específicas, como ciertos consorcios en I&D (Bellon y Niosi, 2000: 58-59).

En suma, algunas críticas a este enfoque teórico parecen bien dirigidas y otras no, pues son recogidas de la misma autoreflexión que se hace en la ECT. Pero, lo que debe reconocerse a esta perspectiva es el hecho de haber puesto en el centro de la discusión económica una parte de la organización económica que dista mucho de ser explicada por el mercado y un elemento de ese conjunto es la cooperación entre los agentes económicos. Que la elaboración, firma y monitoreo del contrato sea insuficiente para explicar y delimitar fenómenos tan dinámicos como el conocimiento y la tecnología, se debe a que lo fundamental en la teoría transaccional es explicar los diferentes mecanismos que existen para coordinar la actividad económica. Además, la ECT es una teoría en construcción (al igual que cualquier campo del conocimiento) como Williamson (2002) lo reconoce. En fin, buena parte de la crítica fortalece y complementa el análisis institucional de la economía del conocimiento y de la tecnología.

Sin duda, los costos de transacción de los acuerdos de colaboración tecnológica, así como los contratos necesarios para garantizar su buen funcionamiento, son partes esenciales en el rompecabezas del análisis de un fenómeno tan relevante y complejo como es el desarrollo de la innovación en las organizaciones. No obstante, esos elementos no son suficientes si se aspira a comprender y explicar de mejor manera a la cooperación tecnológica entre las organizaciones.

Por lo anterior, el análisis de los recursos y las capacidades que las empresas poseen y que pueden complementarse con los recursos y las capacidades de otras organizaciones, aporta elementos adicionales para comprender de mejor manera a la cooperación tecnológica.

Desde este punto de vista, la empresa se observa como una colección de recursos y capacidades difíciles de imitar por las firmas rivales. Así, las alianzas y otros mecanismos de colaboración se presentan como un dispositivo que combina las características de los mercados y la organización intrafirma (Mowery et al., 1998: 508-509, 511²³; Teece et al., 1997). Las empresas compiten a partir de la dimensión más estratégica de sus activos (Teece et al., 1997);

²³ Los autores mencionan que un motivo clave para la formación de alianzas es el deseo de los participantes para adquirir capacidades de una fuente externa. Para absorber exitosamente la información tecnológica externa, una firma debe tener habilidades tecnológicas internas y relevantes.

por lo tanto, el primer factor explicativo de la construcción de alianzas es la búsqueda de recursos estratégicos complementarios (Bellon y Niosi, 2000: 59). Pero antes de embarcarse en la cooperación las empresas deben desarrollar capacidades de absorción; por consiguiente, estas capacidades influyen en la propensión a cooperar tecnológicamente (Arora y Gambardella, 1990).

De acuerdo con Miotti y Sachwald (2003: 1484), la necesidad de complementación es la clave de la cooperación interfirma. Si los socios quieren reducir los costos y los riesgos a través de economías de escala y de la racionalización de los procesos innovativos, éstos deberán aportar recursos similares en la alianza; y, si los socios quieren lograr la convergencia tecnológica o la interdependencia en la innovación, ellos combinarán los recursos complementarios. Para estos autores, la cooperación entre competidores es riesgosa y debe limitarse a dos casos: primero, cuando existe un fuerte interés común y, segundo, cuando la cooperación consiga resultados genéricos para todas las firmas. Esta situación explica, en parte, que la mayor cooperación con los rivales se lleva a cabo en las industrias de alta tecnología.

Si los recursos de las empresas poseen ciertos atributos como escasez, exclusividad, durabilidad, inimitabilidad y no sustituibilidad, capacitarán a la empresa para obtener rentas por encima de sus competidores. No obstante, si la empresa carece de los recursos internos necesarios para la realización de actividades tecnológicas, se verá en la necesidad de acceder a recursos externos complementarios mediante la cooperación tecnológica (Surroca y Santamaría, 2006). Al respecto, Becker y Dietz (2004) establecen que a mayor importancia del conocimiento externo mayores serán las posibilidades internas para desarrollar productos nuevos y mejorados.

Contrario a la postura de la ECT en el análisis de los recursos y las capacidades se establece una hipótesis de complementariedad en la dimensión más estratégica de los activos (sobre todo intangibles) construidos por la empresa. Lo que también está implícito en estas reflexiones es que para acceder a los recursos tecnológicos y de conocimiento de las otras firmas, se requieren capacidades de absorción; ya que no es fácil el acceso a los recursos estratégicos de los otros. Así, gran parte del conocimiento necesario para la formación de capacidades innovativas, no es susceptible de representarse simbólicamente (en un texto) y, por lo tanto, difícilmente es factible de intercambiarse mediante contratos.

En el análisis de los recursos y las capacidades, los acuerdos colaborativos tampoco se observan como de corto plazo porque la teleología del conocimiento se ve más como un proceso, y la traducción del conocimiento en productos o procesos implica un horizonte de largo plazo.

Como sucede con la ECT, las aportaciones de la postura de los recursos y las capacidades no escapan a las críticas. Primero, se señala que el argumento de la complementariedad entre los activos estratégicos es una tautología, pues si las empresas colaboran es porque no cuentan con las posibilidades para realizar los desarrollos internos y tampoco están disponibles a bajo costo en el mercado. En segundo lugar, se critica que el análisis es, fundamentalmente, estático y, por tanto, contradictorio con la naturaleza cambiante de la tecnología y el conocimiento; al respecto, se menciona que si bien las empresas requieren de activos estratégicos, aquellas que no los tengan podrían construirlos; además, los activos o las *core competencies* no siempre van a ser los mismos, estos pueden cambiar y adaptarse con el tiempo y de acuerdo al entorno competitivo.

Para enriquecer las ideas derivadas de los recursos y las capacidades, se establece que la perspectiva evolucionista suministra otras herramientas teóricas para comprender la transformación tecnológica dentro de la empresa y fuera de ésta (Hodgson, 1998 y 2007). Y es que existen muchas fuentes de indeterminación en la economía que incluyen detalles acerca de los agentes interactuantes, el proceso de aprendizaje, el tiempo, y las características de las innovaciones (Sloth, 2008: 12-13).

De hecho, las firmas deben aprender a sobrevivir y a crecer apropiándose de los recursos externos internalizándolos de manera satisfactoria. Pero, para adaptarse a las variaciones del ambiente adverso, incierto y complejo, tienen la alternativa de vincularse con otras empresas aprovechando las capacidades individuales y colectivas (Taboada, 2004: 103).

Según Taboada, se considera cooperar tecnológicamente cuando:

- i) las rutinas con las que se cuenta no permiten hacer un mejor aprovechamiento de las habilidades de los miembros de la organización;
- ii) las habilidades que tiene la firma no son las requeridas para satisfacer las necesidades del mercado;
- iii) la firma busca potenciar o mejorar sus habilidades y rutinas.

La interacción y complementariedad de rutinas involucran un proceso de aprendizaje que toma tiempo y que incluye mucho conocimiento tácito (Taboada, 2004: 103-105). Asimismo, Lucas (2005: 1-2) establece que los criterios de selección del socio son dinámicos y pueden incluir aliarse con los débiles en la etapa inicial exploratoria; con débiles y/o fuertes en la etapa de desarrollo y con fuertes en la etapa madura. Pero, las aspiraciones estratégicas fuertes y alineadas están positivamente relacionadas al comportamiento cooperativo y a la selección del socio (Axelrod, 1984; Lucas, 2005: 6).

El contexto económico en el que la cooperación tecnológica puede ser una alternativa para ampliar las capacidades de innovar y tomar ventajas, según Taboada (2004), puede estar caracterizado por:

- a) condiciones tecnológicas, regulatorias y competitivas con cambios rápidos y en algunos renglones con dirección impredecible;
- b) donde los bienes y servicios tengan cierta complejidad tecnológica y requieran que la firma demandante tenga cierta habilidad o conocimiento al respecto.

En consecuencia, para que las firmas permanezcan en el mercado deben innovar, y la cooperación tecnológica puede considerarse como una estrategia de búsqueda híbrida, en la medida en que se busca la innovación en lo que la firma sabe hacer, pero tratando de aprovechar las ventajas de replicación (capacidades y rutinas internas) y de la imitación (capacidades y rutinas externas) (Taboada, 2004: 105-106).

Para la teoría evolucionista, la cooperación tecnológica interfirma es una estrategia de búsqueda con las siguientes características:

- i) la realizan, principalmente, las firmas involucradas en contextos tecnológicos complejos;
- ii) las empresas inmersas en estos ambientes deben contar con conocimiento respecto a lo que requieren, y a lo que prevalece en la frontera tecnológica;
- iii) los acuerdos cooperativos, formales o informales permiten a la firma acercarse más a las tecnologías disponibles en el mercado y acceder a las comunidades tecnológicas que le son de interés (Taboada, 2004: 106).

Nelson y Winter (1982) establecen que la cooperación tecnológica es una alternativa para la adaptación al contexto por la mejora de sus capacidades fundamentales que le permiten resolver problemas tecnológicos y realizar más innovaciones. Este tipo de colaboración facilita la obtención de ventaja competitiva al incidir directamente en la tasa de innovación de la firma, dándoles una orientación más certera a las rutinas de búsqueda (I&D) en la medida en que existe una vinculación más estrecha con los proveedores, los usuarios o con la competencia; lo que propicia un conocimiento más cercano de las necesidades del mercado y de los cambios tecnológicos que en éste se presentan (Taboada, 2004: 107).

En la noción evolucionista, la función de los contratos de cooperación es limitar la incertidumbre, los riesgos y la miopía natural de los agentes económicos, y la función de la cooperación es producir nuevas habilidades y rutinas (Bellon y Niosi, 2000: 60).

En fin, ¿qué se adiciona para una mejor comprensión y explicación de la cooperación tecnológica? Primero, el evolucionismo se inspira en el no equilibrio y establece que siempre

existen indeterminaciones o elementos fortuitos en las organizaciones; por tanto, se reconoce el papel de la innovación como un aspecto central y ontológico en las organizaciones. Segundo, la propia innovación puede ser el resultado de las rutinas de la empresa (hay empresas que se especializan en la solución de los problemas tecnológicos de las demás), o puede dar paso a un proceso de búsqueda (de nuevas rutinas) para enfrentar la competencia, tal proceso implica la posibilidad de encontrar soluciones tecnológicas por medio de la cooperación. Las soluciones, normalmente, alcanzan –mínima y satisfactoriamente– para resolver problemas del momento.

En tercer lugar, el evolucionismo establece que el aprendizaje es importante; por lo tanto, la elección de un socio implica en sí un proceso de búsqueda y de adaptación que puede ser largo y a la vez objeto de intercambio de conocimiento tácito. Pero, si los resultados tecnológicos de la cooperación son positivos, entonces, las empresas aprenden a colaborar y la misma cooperación tecnológica se convierte en una rutina exitosa, y aquí estaríamos ante lo que Axelrod (1984) denomina *apiñamiento*²⁴ para explicar la posibilidad de éxito de estrategias cooperativas.

Adicionalmente, la capacidad innovativa de una firma para adaptarse a un entorno incierto y de competencia dura (analogía con la selección natural biológica) estará determinada, en parte, por la capacidad que tenga la empresa para cooperar tecnológicamente con el o los socios adecuados. En efecto, aquí se puede deducir una correlación teórica: la cooperación tecnológica influye en la ampliación o mejoramiento de las capacidades adaptativas (innovativas) de las empresas para hacerlas capaces de sobrevivir y crecer en el mercado.

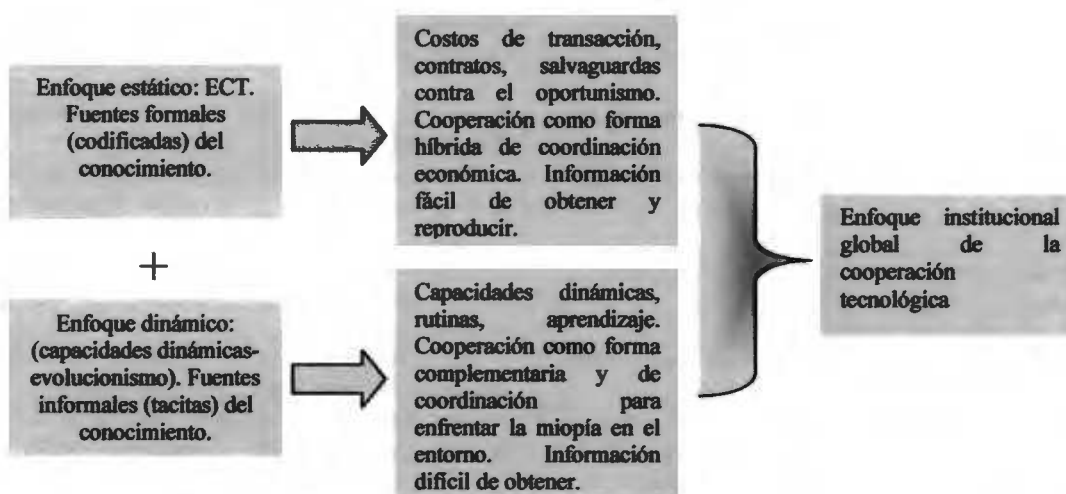
Finalmente, el evolucionismo no está exento de críticas como lo señalan Foss y Klein (2005: 19), por ejemplo, la supervivencia puede no ser la mejor medida de desempeño, las firmas de pobre desempeño pueden sobrevivir debido a competidores ineficaces, a una regulación protectora, a barreras legales para salir, a enmiendas antientrada, o a un código de bancarrota protector en exceso. En el corto plazo, las transacciones y la gobernación se alinearían de manera eficiente sólo si el ambiente de selección es de ruda competencia.

²⁴ La cooperación puede evolucionar a partir de pequeños grupos *apiñados* de individuos que fundamenten su cooperación en el principio de reciprocidad, cuando una cierta proporción de sus interacciones se realice con miembros de su mismo grupo, incluso aunque esta proporción sea pequeña. La cooperación mutua puede llegar a surgir en un mundo de egoístas no sometidos a una autoridad superior, a partir de un pequeño núcleo de individuos cooperantes (Axelrod, 1984: 31, 74).

1.4.1. Instrumentos institucionales globales para comprender la cooperación tecnológica

Los trabajos de Winter (1996), Bellon y Niosi (2000), García et al. (2004), Taboada (2004), Foss y Klein (2005), y Hodgson (2007), han hecho esfuerzos notables para poner en una sola escena los instrumentos más representativos de la economía institucional, y de esa manera construir un panorama teórico más amplio sobre la cooperación tecnológica (véase figura 3). La admisibilidad de las explicaciones híbridas puede provenir de la compleja naturaleza de las actividades tecnológicas y del conocimiento; siempre y cuando no impliquen inconsistencias internas, las explicaciones plurales pueden ser posibles y razonables (Hodgson, 2007: 209).

Figura 3. Mecanismos globales de la cooperación tecnológica



Este diagrama representa las interacciones que existen entre los enfoques teóricos institucionales sobre la cooperación tecnológica, a medida que avanza el conocimiento en cada perspectiva se toman elementos de las otras para enriquecer el análisis propio; pero, al mismo tiempo, viendo el esquema como una teoría integral se aportan elementos para una explicación más amplia y convincente de la colaboración tecnológica.

De hecho, "(l)a transformación de los factores productivos en bienes y servicios involucra más procesos y costos que los de manufactura y distribución, por lo que en la toma de decisión de la empresa (entre otras, respecto a cooperar tecnológicamente) se consideran también los que tienen que ver con la obtención y asimilación de información y *know how*, la investigación y el desarrollo, la planeación, la negociación, la contratación y el monitoreo. Este conjunto de procesos y costos no es considerado en su totalidad por ninguno de los planteamientos teóricos ..., ya sea por los supuestos en que se basan o por las variables que les interesa destacar" (Taboada, 2004: 128).

Asimismo, Taboada establece que entre los puntos en que coinciden las tres posturas de la economía institucional contemporánea, se encuentran los siguientes:

- i) existe insatisfacción con el planteamiento neoclásico acerca de la firma;

- ii) parten del supuesto de la racionalidad limitada y la asimetría de la información;
- iii) se reconocen especificidades del conocimiento (codificado y tácito);
- iv) se toma en cuenta la historia y la evolución de los agentes, y el ambiente en el desarrollo de las relaciones entre los mismos agentes;
- v) consideran heterogeneidad y movilidad imperfecta de los recursos;
- vi) las teorías se interesan en la toma de decisión adaptativa y secuencial de las empresas en un contexto de largo plazo;
- vii) consideran a la firma como mecanismo de coordinación de recursos (Taboada, 2004: 113-116)²⁵.

En efecto, los instrumentos globales de análisis son préstamos, superposiciones y fertilización cruzada de conceptos y categorías (véase tabla 4).

Tabla 4. Principales categorías institucionales para el análisis de la cooperación tecnológica

Aspecto	ECT	Recursos y capacidades	Evolucionismo
1. Fundamento microeconómico	Oportunismo	Oportunismo y miopía	Miopía y oportunismo forzado
2. Punto central del análisis	Costos de transacción	Recursos, capacidades y competencias	Organizaciones, rutinas y aprendizaje
3. Esencia de la empresa	Elaboración de contratos	Acumulación de activos, de recursos y de competencias estratégicos	Acumulación de buenas rutinas organizacionales
4. Papel de la competencia de mercado	Aumenta la eficacia	Lugar de lucha para obtener activos estratégicos	Lugar de selección de los que mejor se adaptan
5. Papel de la Dirección	Elaborar y hacer cumplir los contratos	Construir las competencias centrales	Alcanzar y seleccionar las mejores rutinas
6. Naturaleza de los acuerdos cooperativos	Forma híbrida entre el mercado y la jerarquía para reducir costos	Medios para alcanzar los activos complementarios	Nuevas formas de organización para enfrentar la indeterminación del entorno
7. Fines de los contratos en las alianzas	Salvaguarda contra el oportunismo	Medios para reducir el oportunismo y la miopía	Reducir la miopía y hacer frente a lo imprevisto (reducir la incertidumbre)
8. Dinámica de las empresas	Marginal	Variable	Central
9. Naturaleza de la información y del conocimiento	Fácil de obtener y reproducir	Grados variables de codificación	Principalmente tácito, solidario; difícil de obtener y de reproducir.

Tomada y adaptada de Bellon y Niosi (2000: 61).

Obtener ventajas tecnológicas, por medio de la cooperación, en el mediano y largo plazos, y por consiguiente competitividad en la misma temporalidad es, nada más y nada menos, lo que

²⁵ En esto, tempranamente, parecieron estar de acuerdo Bellon y Niosi (2000: 66) al destacar que las tres posturas tienen grandes líneas comunes como: racionalidad limitada y procedimental; incertidumbre, oportunismo y miopía; especificidad de los activos; y competencia en el ambiente. En todos los casos, las alianzas son una colaboración cuyos elementos clave se constituyen por la dimensión contractual y la complementariedad objetiva de los activos. Podemos considerar este abordaje común como un ensamble de una teoría institucionalista emergente.

permite la permanencia de la firma en el mercado (Taboada, 2004: 137). Esta es una preocupación que se encuentra presente en toda la economía institucional contemporánea.

Bellon y Niosi (2000: 68) concluyen que la comprensión de la cooperación tecnológica reside en la síntesis del evolucionismo y de las teorías de las competencias; bajo las bases dadas por la ECT, teoría que aporta los elementos para comprender las causas más inmediatas de los acuerdos, los determinantes de la signación de los contratos y de los fracasos de las alianzas. El evolucionismo provee el cuadro analítico estructural y los elementos dinámicos, éste se une a las teorías de las capacidades para comprender los fundamentos subyacentes a los acuerdos, los modos de aprendizaje, la naturaleza efectiva de los resultados y la supervivencia de la firma.

Recapitulando: el axioma básico del que parte la economía institucional es el de racionalidad limitada; asimismo, la hipótesis de asimetría de la información es el que también sustenta el desarrollo de la síntesis; pues la información a partir de los precios es absolutamente insuficiente para tomar decisiones, sobre todo, en el ámbito tecnológico, porque incluso desde la perspectiva de la ECT (más próxima a los postulados neoclásicos) hay costos de búsqueda de la información relevante. Así, en este trabajo se sostiene que el enfoque institucional global trata de un encuadramiento o enriquecimiento del proceso de explicación de la cooperación tecnológica como un mecanismo de coordinación de recursos para la innovación²⁶.

Finalmente, la perspectiva global permite complementar a la producción y el intercambio. Si vinculamos estas dos categorías con la empresa (coordinación centralizada de la producción) y con el mercado (coordinación descentralizada) encontramos que la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional como una forma de coordinar recursos para la innovación, se encuentra entre los extremos. Además, encuadrar las actividades innovativas a la búsqueda de tecnologías disponibles en el mercado (como lo hace el análisis neoclásico), no sólo no sirve sino que es contra *natura*, ya que el conocimiento científico y tecnológico es, sobre todo, producido más que intercambiado por medio de un precio de mercado.

²⁶ Si se aceptara una doble hibridación, como parece sugerirlo Hodgson (2007), entraríamos en problemas epistémicos, pues es bien sabido que en la biología no existe la descendencia de los híbridos. Por el contrario, si existe la purificación de razas (síntesis), los humanos pueden observar ciertos rasgos sobresalientes que interesan de alguna especie para que al paso de varias generaciones los rasgos elegidos sean todavía más nítidos.

1.5. La lógica de los derechos de propiedad intelectual en la cooperación tecnológica

En la intención de intercambiar o de complementar el conocimiento tecnológico, mediante los acuerdos colaborativos que establecen las empresas, es de suma importancia el reconocimiento de los derechos de propiedad que poseen éstas sobre los activos del conocimiento. Con el advenimiento de la economía del conocimiento, ahora muchos países cuentan con lo que podría denominarse un mercado de tecnologías, como lo sostienen Arora y Gambardella (2001); en estos mercados, o cuasi-mercados para los países en vías de desarrollo, las patentes juegan un papel central²⁷. Más allá de que una gran cantidad de patentes (activos del conocimiento) poseídas por las organizaciones no se exploten ni industrial ni comercialmente, estos títulos de propiedad intelectual se reconocen como buenos indicadores de la actividad innovativa de las empresas, las universidades y los centros de investigación.

Una de las principales cualidades de las patentes (con los derechos de propiedad plenamente reconocidos sobre el conocimiento desincorporado) es que facilitan la interacción entre los agentes para intercambiar o complementar el conocimiento. Quizá esta propiedad sea aún más importante que la utilización de las patentes como indicadores de productividad y de compensación para los inventores o innovadores. En consecuencia, esta cualidad facilita enormemente la posibilidad de la cooperación tecnológica entre las organizaciones, como se explica en la tabla 5.

Para dimensionar la importancia de las patentes en las economías actuales y su cada vez mayor relevancia para medir la aportación de las organizaciones académicas al desenvolvimiento económico, es preciso señalar que desde finales de los 1970 se observa un movimiento mundial en pro de la comercialización del conocimiento generado en las universidades públicas; México no es ajeno a esta tendencia (Luna, 1999; De Gortari, 1999).

Los cambios reflejan la aparición de una nueva concepción de la ciencia en la que se considera igualmente valioso el conocimiento básico que el aplicado (De Gortari, 1999: 145). Si bien, en Estados Unidos el movimiento comenzó varias décadas atrás, es con *The Bayh Dole Act* de los 1980 cuando adquiere gran impulso reconociendo los derechos de propiedad intelectual de

²⁷ Si bien es cierto que los artículos científicos y tecnológicos publicados desde la academia están protegidos por los derechos de autor (reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual) -normalmente cedidos a las organizaciones que emplean a los investigadores-, también es cierto que la brecha entre los planteamientos de la ciencia (artículo científico) y su aplicación en el ámbito de la producción es mucho más grande que la brecha existente entre las patentes y sus aplicaciones industriales.

las patentes universitarias (Mowery et al., 2004). La euforia de *The Bayh Dole Act* en el mundo provocó la necesidad de reformas en las legislaciones universitarias (establecimiento de oficinas de vinculación, apertura de oficinas de transferencia de tecnología y, reconocimiento pecuniario a los inventores o innovadores) y en los sistemas de registro de patentes.

Tabla 5. Los derechos de propiedad intelectual en la ECT

Patentes	<i>Se entienden como derechos de propiedad intelectual exclusivos sobre los activos del conocimiento, lo que permite excluir a otros de su uso (consumo) mediante el establecimiento de un contrato explícito (la patente en sí). Este acuerdo explícito sobre ciertos tipos de conocimiento garantiza la defensa, la protección y el cumplimiento de los derechos de propiedad de los activos; pero, también facilita el intercambio y la interacción entre los agentes.</i>
Importancia actual de las patentes	Si bien la práctica de solicitar patentes sobre los inventos y las innovaciones de los agentes económicos datan de mucho tiempo atrás (por lo menos más de un siglo), es con el advenimiento de la economía-sociedad del conocimiento cuando adquiere mayor relevancia porque se localiza en el centro de las principales actividades económicas (producción e intercambio de activos del conocimiento), tanto de los países desarrollados como de los subdesarrollados.
Patentes como incentivos²⁸	El boom del patentamiento no ha cubierto las expectativas de los inventores e innovadores que esperaban retornos significativos del licenciamiento. Muchas patentes no se explotan comercialmente y éstas no se correlacionan necesariamente con mayores ganancias pecuniarias. Pero, parece que la tendencia a patentar seguirá extendiéndose o fortaleciéndose. Entonces, los incentivos no son una condición suficiente para explicar el patentamiento, como se ha pretendido explicar en otras perspectivas.
Producción e intercambio del conocimiento	La tendencia a patentar parece ser irreversible porque, como sostiene Clarisa Long, las firmas patentan para enviar información a los mercados de capital y a otras empresas sobre su capacidad en I&D, la calidad de su capital humano y las oportunidades de licenciamiento. De este modo, la reducción de los costos de información es una explicación importante de la decisión para patentar (Long; en Heald, 2005). Las patentes fortalecen la comercialización de los activos del conocimiento. Dado que estos mecanismos disminuyen los costos de transacción, si la empresa está comprando o vendiendo una invención o innovación el sistema de registro de patentes reduce el número de contratos y los términos de éstos que requieren negociarse.
Colaboración en investigación	Al interior de las organizaciones, las patentes facilitan el desarrollo de invenciones e innovaciones, ya que su registro disminuye la necesidad de mantener cercada (aislada) la información entre los miembros de los equipos de investigación. Al establecer un título claro, la patente reduce el costo de guardar secretos y, por tanto, ayuda a reducir el costo de disuadir la búsqueda oportunista de rentas y, simultáneamente, incrementa la confianza y la cooperación en la investigación.
Cooperación interfirma y de firmas con universidades	Las patentes protegen a su propietario cuando éste comparte el activo de conocimiento sin el miedo de apropiación (por otros) mientras se acuerda su intercambio; también facilitan la negociación porque las salvaguardas están bien delineadas. Por tanto, el sistema de patentes reduce los costos de transacción en las relaciones de organizaciones heterogéneas. En este sentido, el sistema de propiedad intelectual (registro y protección de patentes) se constituye en la base para la cooperación tecnológica interfirma; además, facilita el compartimiento de los derechos de propiedad intelectual en patentes conjuntas. En cuanto a las patentes como productos de los proyectos de investigación conjunta, éstas facilitan la obtención (y distribución) de retornos de las patentes conjuntas cuando se dan en licencia.

Nota: para profundizar en el análisis de este tema se sugiere revisar el primer apéndice que aparece al final del trabajo.

Como resultado de estas tendencias internacionales, Park (2008: 761-762) muestra que el valor medio del índice de la protección internacional de patentes en 1960-2005 se incrementó [leyes de patentes más estrictas en los diversos países, particularmente después de los TRIPS (*trade-related aspects of intellectual property rights*)]. En efecto, Forero (2006) señala que la

²⁸ Las principales ideas de esta fila y de las tres siguientes se extraen del trabajo de Heald (2005: páginas 475-488).

nueva tendencia representa un cambio en la división internacional del trabajo resultante de la creciente importancia de los productos de alta tecnología en los flujos comerciales.

Recapitulando, más allá de la búsqueda de la disminución en los costos de transacción hay que considerar que las empresas, las universidades y los centros públicos de investigación sólo pueden aspirar a patentar si cuentan con los recursos y las capacidades científicas y tecnológicas para hacerlo. Pero, simultáneamente deben darse las condiciones institucionales (externas) a las organizaciones para que los productos y procesos relacionados con el conocimiento comiencen a prosperar (el contexto debe ser propicio); asimismo, las organizaciones deben hacer suya la cognición de la inventiva y de la innovación. En suma, la justificación del patentamiento mediante un potente entramado teórico transaccional debe complementarse con las otras posturas institucionalistas, tal y como se ha discutido en cuanto a la necesidad de considerar una perspectiva institucional global para el análisis de la cooperación tecnológica.

1.6. Dificultades que entraña la cooperación tecnológica

Primero, un problema profundo en los acuerdos cooperativos es ver cómo cooperan los actores independientes, a un grado tal que renuncian a parte de su autonomía. El resultado es un nuevo nivel de organización que se comporta como un actor independiente, a veces con gestión propia (Axelrod, 2004: 20-21). En consecuencia, la cooperación tecnológica puede verse como un mecanismo (regla del juego), en el que las empresas defienden y cuidan sus intereses tecnológicos comunes, pero a la vez ceden algo de independencia en el mismo entorno competitivo que puede representar un riesgo.

Por ejemplo, Laursen et al. (2010) analizan los efectos de las cláusulas de concesión en los contratos de licenciamiento de tecnología. El dilema es que la firma que otorga la licencia estará interesada en que no se saque mayor provecho de lo que se está estipulando en el acuerdo (para ello se estipula una cláusula específica). Sin embargo, la firma que contrata la tecnología no estará dispuesta a ceder todos sus nuevos mejoramientos tecnológicos y que sean aprovechados por la firma que otorga la licencia. Ante ello, se advierte un potencial riesgo de perder la posición competitiva de la empresa que otorga la licencia, y más cuando las empresas que participan en el acuerdo son del mismo sector o que la tecnología objeto de la licencia sea parte central de los negocios de la empresa que otorga la licencia.

En segundo lugar, cuando se comparte un propósito u objetivo único, la acción individual no organizada no será capaz de favorecer en absoluto ese interés común o no podrá favorecerlo adecuadamente. Las organizaciones pueden, por lo tanto, desempeñar una función crucial cuando hay intereses comunes o de grupo (Olson, 1992: 17). En efecto, arrancar un proyecto tecnológico conjunto implica *de facto* crear una estructura de gobernación para esa nueva empresa, y eso sin más es incurrir en nuevos costos; pero además, orilla a entrar en procesos de negociación para repartir responsabilidades, que también son costos de transacción.

Una tercera dificultad está representada por un potencial riesgo moral, sobre todo en las primeras fases de la colaboración, esto debido a que alguna firma que esté interesada en la colaboración científica y tecnológica podría revelar buena parte del conocimiento codificado y tácito con el fin de atraer la atención de su probable socio, pero la contraparte podría incurrir en una conducta oportunista aprovechando esa información revelada y, por tanto, retirarse de la negociación del acuerdo porque la información que le interesaba ya la tiene en sus manos.

En consecuencia, el mayor riesgo que corren las empresas cuando se establece un acuerdo cooperativo es el oportunismo del socio. La problemática relacionada es más difícil que la misma incertidumbre. Para mitigar los intereses individualistas, se puede recurrir a la confianza, la negociación, las salvaguardas y los vínculos del capital. La confianza se presenta como un estado permisivo de ciertos comportamientos pero procura evitar las actitudes y acciones que la destruyan. Mientras tanto, la negociación concilia las asimetrías de los intereses y de las competencias, pues permite armonizar las inversiones y administrar las sinergias; aunque, algún grado de autonomía es necesario para evitar negociar demasiado, y si la negociación es larga y costosa puede implicar duplicación de esfuerzos para obtener información y para encontrar soluciones (Brousseau, 2000).

La constitución de los vínculos en capital, es un medio esencial para incentivar a la adopción de comportamientos cooperativos, en lugar de oportunistas, pues permite establecer una comunidad de intereses entre las partes, amenazas mutuas creíbles y dispositivos para la repartición de los beneficios residuales.

Otro problema que pueden enfrentar las estructuras administrativas de los acuerdos de cooperación es el de agencia-principal. Aquí, las firmas podrían confiar en que la nueva estructura de gestión de los acuerdos va a representar los intereses de todas las partes que participan en el acuerdo; sin embargo, los administradores podrían sesgar sus decisiones y

favorecer ampliamente a una de las partes. O simplemente, la nueva estructura organizacional puede desviarse de sus objetivos originales, favoreciendo los intereses individuales de los agentes antes que de los principales, tal y como suele suceder en muchas grandes empresas.

Ambos problemas, el del riesgo moral y el de la agencia-principal, son reconocidos por Arora et al. (2001), como una característica en la gestión de los proyectos relacionados con la creación y la comercialización del conocimiento y de la propiedad intelectual. Por lo tanto, deben ser problemas a tomar en cuenta cuando se aborden las cuestiones relacionadas con la cooperación en ciencia y tecnología.

En quinto lugar, la confianza ya aludida por Brousseau (2000), si bien puede ser aprendida como una buena rutina, ésta implica un capital reputacional; es decir, la o las firmas socias probables pueden decidir cooperar o no cooperar de acuerdo a la percepción y evaluación que tengan sobre la otra firma. Sin mayor problema, una firma con buen comportamiento en el cumplimiento de sus acuerdos puede ser un buen prospecto para cooperar con ella; pero construir un capital reputacional lleva tiempo, por lo que desde esta perspectiva firmar un acuerdo con una firma recién llegada al mercado puede representar un riesgo mayúsculo restringiendo, de este modo, las opciones de vinculación de las nuevas pequeñas empresas.

La confianza rige las relaciones de cooperación entre empresas en la medida que los integrantes de las firmas reducen su brecha cognitiva, las partes logran comunicarse e integran a su saber rutinas y hábitos de negociación. La confianza se basa tanto en compartir valores y normas *ex ante*, pero también en la amistad y la fraternidad, y en la interacción que tiene como objeto construir acuerdos de colaboración. Los compromisos no se asumen en la expectativa de que una de las partes dañe a la otra de manera intencional. La confianza no es ciega, tiene un fundamento racional y no es incondicional (Nooteboom en García et al., 2004: 111, 113; Nooteboom, 2006).

En suma, el camino a la cooperación tecnológica no es un terreno plano; más bien, existen algunos inconvenientes que son importantes a considerar cuando se toma la decisión de cooperar tecnológicamente²⁹. Sin embargo, las empresas individualmente tomarán la decisión de cooperar, aún y todas estas desventajas, cuando claramente valoren que los beneficios en términos de

²⁹ Para profundizar en los problemas que implican los acuerdos de colaboración se sugiere revisar el trabajo de Veugelers (1998), especialmente las primeras páginas.

desempeño innovativo, de desarrollo industrial y de ventajas competitivas estén por encima de los costos y los riesgos asumidos.

Reflexiones finales del capítulo

En el contenido de este capítulo se hizo un esfuerzo por rescatar los principales argumentos teóricos que permiten explicar la cooperación tecnológica entre las organizaciones, como una estrategia alternativa que les ayuda a desarrollar y acumular habilidades y capacidades tecnológicas que, a la vez, las conduce a mejorar su desempeño competitivo. En las siguientes líneas se hace una recapitulación de las principales conclusiones de este capítulo.

Primero, se entiende a la cooperación tecnológica interfirma como un mecanismo híbrido de coordinación económica en el que las empresas conjuntan esfuerzos para desarrollar mayores capacidades y habilidades tecnológicas con la finalidad de aprovechar las derramas internas y externas del conocimiento, que permiten mejorar la capacidad innovativa, el desempeño industrial y enfrentar con mayor éxito el entorno competitivo. Pero, la cooperación tecnológica no se limita a las alianzas entre las empresas; pues, la colaboración entre las universidades y/o centros de investigación y las empresas se ha incrementado notablemente en las últimas décadas. En efecto, a las relaciones colaborativas empresa-universidad se les ha denominado cooperación tecnológica interinstitucional que es uno de los tipos de cooperación que se abordan en el trabajo.

Sin embargo, para que la cooperación interinstitucional pueda prosperar, las empresas necesitan invertir en investigación básica porque requieren construir capacidades de absorción para asimilar, explicar y explotar industrialmente el conocimiento proveniente de las universidades. Asimismo, como el conocimiento tiene un componente tácito importante, las firmas no pueden explotar todo el conocimiento a partir de una patente o de un artículo científico, por ello la construcción de las capacidades y habilidades es indispensable.

Segundo, las motivaciones para emprender acuerdos de cooperación responden a las necesidades que tienen las empresas para superar o hacer más accesibles los grandes desafíos que existen para acceder al conocimiento y a la nueva tecnología; tales motivaciones son: transferencia de tecnología, complementariedad de activos, acuerdos de comercialización, riesgos y costos compartidos, acortamiento de la vida del producto, seguimiento de las últimas tecnologías e internalización de externalidades tecnológicas. En consecuencia, la cooperación tecnológica se requiere porque las actividades científicas y tecnológicas se caracterizan por

elevados riesgos, altos costos, no apropiabilidad absoluta, retrasos e incertidumbre; entonces, las empresas mediante la cooperación pueden mitigar estas problemáticas.

Específicamente, en cuanto a las externalidades-*spillovers* del conocimiento, éstas ayudan a entender cómo la producción del conocimiento puede beneficiar a otros agentes que no participan en su desarrollo. No obstante, el conocimiento no es un bien completamente público por lo que su aprovechamiento no puede ser directo y las organizaciones (sean empresas o universidades) deberán desarrollar, previamente, capacidades de absorción y posteriormente interactuar (cooperar) para aprovechar plenamente las potencialidades del conocimiento científico y tecnológico, principalmente el conocimiento tácito.

Tercero, la cooperación interfirma e interinstitucional puede contribuir a mejorar la competitividad tecnológica porque implica estrategias de las empresas para obtener algún tipo de ventaja frente a sus competidores, mediante el fortalecimiento de sus capacidades y habilidades tecnológicas. Esas estrategias les permite, por ejemplo, un mejoramiento de los productos y procesos, diferenciación de los mismos, disminución de los costos de producción por el mejoramiento de las técnicas, la introducción de nuevos productos y procesos, o incluso la búsqueda de nuevos mercados.

Cuarto, en el marco de la economía institucional contemporánea, este trabajo se adhiere al enfoque institucional global que trata de un encuadramiento o enriquecimiento del proceso de explicación de la cooperación tecnológica como un mecanismo de coordinación de recursos para la innovación. Este enfoque global se apoya de un axioma de racionalidad limitada, y de una hipótesis de asimetría de la información; pues la información a partir de los precios es insuficiente para tomar decisiones, sobre todo, en el ámbito tecnológico, porque hay costos de búsqueda de la información relevante.

La perspectiva global también permite complementar a la producción y el intercambio. Si vinculamos estas dos categorías con la empresa (coordinación centralizada de la producción) y con el mercado (coordinación descentralizada) encontramos que la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional es una forma de coordinar recursos para la innovación que se encuentra entre los extremos.

Quinto, un aspecto relevante en la colaboración tecnológica es la cuestión de los derechos de propiedad intelectual; ante esto, más allá de la búsqueda de la disminución en los costos de transacción hay que considerar que las empresas, las universidades y los centros de investigación

aspirar a patentar si cuentan con los recursos y las capacidades científicas y tecnológicas para hacerlo. No obstante, se ha comprobado que los mercados tecnológicos se han fortalecido enormemente con el papel de las patentes como activos del conocimiento, pues éstas facilitan los intercambios de información tecnológica entre las empresas o entre universidades y empresas (se disminuyen los costos de transacción); asimismo, las patentes han permitido una mayor claridad en la gestión de los recursos de la información, han mejorado la colaboración intraorganizacional y han contribuido a la ampliación de la cooperación tecnológica entre las organizaciones.

Por último, *sexto*, el camino a la cooperación tecnológica no es plano; ya que existen dificultades que son importantes a considerar; por ejemplo, las organizaciones participantes pueden perder cierta autonomía, los costos de gestión o administración pueden elevarse, hay un riesgo moral al difundir el conocimiento por probables comportamientos oportunistas de las otras partes, pueden darse problemas de agencia-principal, y aunque la confianza sea crucial en muchos acuerdos colaborativos, ésta requiere de un capital reputacional (construido previamente) que las nuevas pequeñas firmas podrían no tener. Sin embargo, las empresas individualmente tomarán la decisión de cooperar, aún y todas estas desventajas, cuando valoren que los beneficios en términos de desempeño innovativo y de ventajas competitivas estén por encima de los costos y los riesgos asumidos.

CAPÍTULO II

LA COOPERACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO GLOBAL

En este capítulo se tiene como objetivo identificar y reflexionar sobre las características inherentes y muy específicas de las firmas del sector biofarmacéutico global, mismas que muestran la necesidad de colaborar tecnológicamente dado un contexto de economía y sociedad del conocimiento, en el que se desenvuelve este tipo de empresas.

Cuatro secciones integran el capítulo. En la primera se despliega un rápido análisis de los rasgos principales del contexto económico y tecnológico en el que actúan las empresas del sector biofarmacéutico mundial. Se hace énfasis en las condiciones generales que han propiciado la conformación de este sector entendido como intensivo en conocimiento. En la segunda sección se llama la atención sobre los hechos estilizados que permiten la delimitación de un sector biofarmacéutico global, en el cual, la industria farmacéutica de nuestros días no se podría entender sin las fructíferas aportaciones de la biotecnología moderna.

El tercer apartado está dedicado a describir y analizar el entorno colaborativo mundial en el que se embarca la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico. Asimismo, en esta parte se destaca la trayectoria histórica que ha seguido la colaboración interfirma y empresa-universidad en la industria, aquí, sobresale el hecho de que en los inicios de la biofarmacéutica las pequeñas firmas dominaban el espectro de la colaboración, pero a medida que la industria se ha consolidado, las grandes empresas vuelven a ser hegemónicas, asemejándose esta tendencia a la conformación de una estructura industrial global oligopólica.

En la cuarta sección se reflexiona sobre la probable relación causal entre las mayores inversiones en ciencia y tecnología, potencializadas por la cooperación interfirma y empresa-universidad en el sector biofarmacéutico, y el mejor desempeño productivo-competitivo de las empresas que se reflejará en que éstas registren tasas más elevadas de crecimiento. Las últimas líneas de este capítulo presentan las reflexiones finales del mismo.

2.1. Desarrollo del sector biotecnológico de la industria farmacéutica mundial en un entorno de desarrollo científico y tecnológico

En buena medida, las economías del mundo desarrollado y las de los países que hacen esfuerzos importantes para llegar a ese estadio, en las últimas décadas, se han centrado en el fomento de las actividades que están estrechamente relacionadas con la producción y el intercambio de bienes intensivos en conocimiento científico y tecnológico. Estas actividades se alientan porque de manera gradual se han venido consolidando mercados internacionales y nacionales de tecnología³⁰.

Generalmente, lo que persuade a los gobiernos y a los propios empresarios para invertir y desarrollar ciertos sectores estratégicos de la economía es la posibilidad de lograr una producción y una comercialización de mercancías de elevado valor agregado, que permitiría a los países lograr un mayor nivel de competitividad tecnológica. En este sentido, la reconversión de las actividades económicas tradicionales a unas más intensivas en conocimiento implica grandes inversiones en ciencia y tecnología. Así pues, cada vez más y de manera creciente las economías más dinámicas del planeta están confiando en las bondades del conocimiento (nuevos descubrimientos e innovaciones incrementales) para impulsar el crecimiento, el bienestar y para resolver muchos problemas económicos del mundo actual.

Aparte de las muy conocidas tecnologías de la información y de las comunicaciones, la biotecnología es uno de los campos emergentes del conocimiento en el que se están encontrando muchas posibilidades de aplicaciones industriales de los nuevos descubrimientos. En este contexto, una de las industrias, anteriormente consideradas como tradicionales, que han sido fuertemente impactadas por el desarrollo de la biotecnología es la industria farmacéutica³¹. De tal

³⁰ La exigencia e insistencia de algunos países desarrollados, principalmente los Estados Unidos, de fortalecer los sistemas de protección de la propiedad intelectual en varios países subdesarrollados en los que se reconozca plenamente el valor de los activos intangibles del conocimiento (patentes), es una de las características de estos mercados del conocimiento tecnológico. Adicionalmente, al interior de los países, el licenciamiento y la explotación industrial de las patentes universitarias, es una característica más de este tipo de mercados.

³¹ Ésta ha pasado de desarrollar sus productos con base en la química convencional a apoyarse cada vez más en las técnicas biotecnológicas modernas. Al respecto, Cockburn (2008: 210-211) señala que la innovación en la industria farmacéutica está estrechamente ligada a la ciencia biomédica básica, y muchas compañías participan activamente en investigación básica. Al darse un avance notable de la biología desde los 1970, esta industria se ha convertido progresivamente en más intensiva en ciencia, confiando ampliamente en los avances fundamentales de la fisiología, la bioquímica y la biología molecular. En *stricto sensu*, la OCDE (2009: 5) establece como definición de biotecnología: “Aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a sus partes, sus productos y sus modelos, alterando los materiales vivos o no vivos para la producción de conocimiento, de bienes y de servicios”.

manera que al día de hoy, los avances en el sector salud, difícilmente se podrían comprender sin los hallazgos que se han realizado en la biotecnología. En efecto, las aplicaciones más rentables y extendidas de la biotecnología se han encontrado en el área de la salud, de la cual la industria farmacéutica es la principal proveedora de medicamentos.

En los últimos 30 años, el mundo ha sido testigo del nacimiento de una de las mayores revoluciones tecnológicas de nuestro tiempo: la biotecnológica. Los impactos de la biotecnología moderna en la economía han sido comparados con la microelectrónica y las tecnologías de la información y la comunicación (Corona, 2006: 81). La biotecnología moderna ha repercutido mucho en el desarrollo de diversos sectores como el de la salud (Bolívar, 2003: 13).

Aunado a la supremacía de la biotecnología de la salud, para algunos autores denominada biotecnología roja (Hermans et al., 2008), otra de las características de esta industria es que ha estado estrechamente relacionada con el emprendizaje académico, por lo cual la investigación universitaria de vanguardia está relacionada con la creación de nuevas firmas biotecnológicas (Hermans et al., 2008: 236). Además, el desarrollo biotecnológico está en función del conocimiento científico de las universidades y de los centros públicos de I&D (OCDE, 2009). De este modo, el avance de la biotecnología es paralelo al progreso de la ciencia en el que los recursos humanos (científicos) son la fuente más poderosa de invenciones e innovaciones (OCDE, 2006: 20; Corona, 2006: 81).

No debe sorprender que el campo de la biotecnología fue uno de los precursores en el establecimiento de los centros universitarios de investigación “multidisciplinarios y con propósitos múltiples”, considerados como unidades de investigación organizada que hicieron converger a los científicos e ingenieros de la industria con los de las universidades. Diversos estudios han demostrado que el campo de la biotecnología ha registrado el mayor número de alianzas entre la universidad y las empresas, en comparación con otros campos; además, la tasa de crecimiento de las alianzas es mayor al 20% anual (Boardman, 2008: 291).

Las primeras firmas dedicadas de lleno a la biotecnología moderna, se originaron a partir de los grandes laboratorios universitarios en los Estados Unidos, en los que el conocimiento científico y el personal científico se convirtieron en los activos principales para esta industria. Algunas empresas surgieron de la colaboración entre los investigadores sobresalientes (incluso ganadores del premio Nobel) y los emprendedores privados que proporcionaron los recursos financieros. Un ejemplo, de este tipo de colaboración, es el caso del científico Ronald Cetus y el

empresario D. Glaser, quienes fundaron la firma CETUS. Genentech, una de las empresas más importantes que realizan biotecnología moderna, también fue creada en 1976 de una alianza entre científicos y un empresario. Biogen y Genes en Europa son otros ejemplos³² (Corona 2006; 88).

Sin embargo, los beneficios de la biotecnología —en avances tecnológicos—, no escurren de manera directa a toda la industria farmacéutica; más bien se pueden identificar dos segmentos, uno de los cuales está compuesto por las firmas multinacionales que llevan a cabo una cooptación productiva de las pequeñas empresas biotecnológicas (fusiones, adquisiciones, acuerdos asimétricos de cooperación). Esta cooptación tiene éxito porque las grandes firmas farmacéuticas cuentan con los recursos y las capacidades técnicas y de comercialización que las hace capaces de escalar industrialmente muchas innovaciones que surgen de las pequeñas empresas biotecnológicas. Esta situación está provocando que nuevamente las grandes farmacéuticas no sólo sean hegemónicas en ventas sino que ahora lo sean también en invenciones e innovaciones. Entonces, las principales firmas ganadoras de la revolución biotecnológica son las multinacionales farmacéuticas que mantienen un dominio casi absoluto en el mercado (de gran valor) de medicamentos de patente que, además, en muchos países está fuertemente protegido por un sistema de la propiedad intelectual que resulta implacable.

En efecto, hasta este punto, se puede resumir que de acuerdo con Pattikawa (2008: 32-33), que a la vez retoma otros autores (Tushman, Anderson y Han), en las últimas tres décadas, los mercados de medicamentos han registrado una de las tecnologías más revolucionarias de nuestro tiempo, el desarrollo de drogas basado en la química tradicional pasó a un desarrollo sostenido con bases biológicas. De este modo, la biotecnología se percibe abiertamente como la parte que juega el papel de la innovación destructiva en la industria farmacéutica; por ejemplo, en los Estados Unidos en el periodo mencionado se han fundado más de 1,000 firmas biotecnológicas. No obstante, lo que ahora se observa en el mundo es que las empresas farmacéuticas más grandes han hecho suya la nueva tecnología (biotec), implementando acuerdos de cooperación con las nuevas firmas biotec con el fin de incrementar sus propias capacidades internas. Como recompensa, las *start-ups* biotec acceden a recursos financieros proporcionados por las gigantes.

³² Se considera que los proveedores de tecnología para la industria farmacéutica se encuentran ampliamente fragmentados, pues consisten de pequeñas firmas biotec, de universidades-centros de investigación y de otras pequeñas empresas privadas que proporcionan a las firmas farmacéuticas establecidas una gran variedad de oportunidades tales como el licenciamiento, los proyectos conjuntos de investigación, o las adquisiciones. Además, el financiamiento público a la investigación básica ha contribuido para la formación de investigadores de alto nivel, lo cual conduce a *spillovers* positivos en la industria farmacéutica (Pattikawa, 2008: 33).

El otro segmento de la industria farmacéutica está representado por los productores de medicamentos genéricos que están a la expectativa del vencimiento de las patentes. En este subsector, si bien pueden registrarse innovaciones de proceso, difícilmente se registra una tasa elevada de innovaciones de producto. En este segmento, en muchos países, sobre todo los menos desarrollados, participan las pequeñas y medianas empresas como oferentes de medicamentos para las familias de ingresos bajos y para los sistemas de salud pública de los países; aunque también hay una participación importante de las multinacionales de genéricos. En términos comparativos el segmento de la producción de genéricos es el de menor rentabilidad³³.

Mientras que la competencia en los medicamentos innovadores tiene como palanca a los avances tecnológicos, los productores genéricos compiten con los laboratorios establecidos en términos de precios. Una versión genérica de un medicamento puede ser hasta 80% más barata que su contraparte de marca. De manera frecuente, las firmas con marcas registradas todavía tienen la habilidad para mantener un precio mucho más alto aún cuando existen alternativas genéricas; aquí importan mucho las estrategias publicitarias, de diferenciación de producto, del aprovechamiento de las carencias en las regulaciones de los mercados, de la cooptación de la competencia mediante el otorgamiento de pagos a las compañías productoras de genéricos para que permanezcan afuera de la competencia, e incluso, del *lobby* político (Pattikawa, 2008).

Dado lo anterior, el segmento más rentable de la industria farmacéutica tiene un alcance global y se encuentra dominado por empresas multinacionales que están involucradas en importantes actividades de negocios en muchos países, y cuyos productos son distribuidos y comercializados a nivel mundial. La mayoría de los nuevos productos farmacéuticos son comercializados mundialmente; los de última generación (de mayor valor agregado) se venden, por lo general en los países de ingresos medios y altos (países de la OCDE) que representan entre el 80 y el 90% del total, los productos de menor valor son lanzados en los países de menores ingresos (Cockburn, 2008: 207-208).

A pesar del alcance global en la comercialización de sus productos, las firmas farmacéuticas multinacionales mantienen fuertemente concentradas y centralizadas sus

³³ La manufactura de medicamentos también es un fenómeno multinacional, con un comercio global activo en la intermediación (especialmente químicos), ingredientes activos y productos terminados. La exigencia de mayores estándares de calidad se han extendido en todo el mundo, y varios países se han transformado en los mayores centros de la actividad manufacturera que abastecen los mercados globales, sobresalen en esta lista Irlanda, Puerto Rico, Israel e India como productores de genéricos (Cockburn, 2008: 208).

principales actividades innovativas. Esta concentración se manifiesta en dos sentidos. Primero, si se considera al ámbito mundial, la mayor parte de las inversiones se realizan en los principales países desarrollados como los Estados Unidos, las principales economías de la Unión Europea y Japón, llegando a representar estas tres regiones más del 90% de la inversión total mundial en I&D de las empresas farmacéuticas (véase cuadro 1). En segundo lugar, dentro de los países donde se realizan las mayores inversiones en I&D, existen algunos núcleos de investigación científica y tecnológica que atraen las mayores inversiones, contando con algunos puntos muy específicos (aglomeraciones industriales) en las tres regiones del mundo. Por ejemplo y de acuerdo con Cockburn (2008), en Estados Unidos se observan *New York/New Jersey/Connecticut y Boston*, en la Unión Europea los *suburbios de Londres y Estocolmo*, en Japón *Toquio/Kansei*.

Cuadro 1. Gastos en I&D por país de las empresas farmacéuticas

País/Año	1990	1995	2000	2004
Total en millones de dólares	16,853	24,587	33,781	46,216
Estados Unidos	37.3%	41.5%	38.3%	36.5%
Unión Europea	39.8%	36.3%	40.4%	39.0%
Reino Unido	12.1%	11.8%	13.3%	11.1%
Francia	6.4%	8.5%	7.8%	7.6%
Alemania	8.1%	5.0%	6.7%	7.5%
Italia	5.5%	2.5%	1.9%	1.5%
Suiza	2.1%	2.7%	3.7%	3.6%
Japón	16.2%	14.9%	14.3%	14.8%
Otros países desarrollados	6.7%	6.3%	5.8%	8.0%
Otras economías emergentes (Taiwán, México y Turquía)	-----	0.1%	0.4%	0.6%

Fuente: adaptado de Cockburn (2008: 209).

Así que el despliegue de las estrategias de comercialización mundial de fármacos producidos por las multinacionales no se corresponde con el despliegue de las inversiones en I&D para los países en desarrollo cuyo mercado es de tamaño representativo, pues los esfuerzos de innovación que llevan a cabo estas empresas en los países menos desarrollados son esfuerzos de adaptación y/o pruebas clínicas. Es por ello que para muchos países, el reforzamiento de sus sistemas de protección de la propiedad intelectual lejos de alentar la innovación la ha inhibido, en el sentido de que las transnacionales farmacéuticas, además de cooptar a las firmas innovadoras locales, buscan el registro en el sistema local de patentes con la única intención de ser oferentes monopolistas de los medicamentos de última generación; por lo tanto, no existen inversiones importantes de las multinacionales farmacéuticas en I&D en los países en desarrollo.

Algunos rasgos adicionales que sobresalen de la industria farmacéutica mundial, obtenidos de MEAE-FCEAURU (2011), son: en menos de una década (1999-2008) esta industria más que duplicó su valor; con una tasa promedio de crecimiento de 8.7%; en el mercado global; esta industria se encuentra dentro de los 10 principales sectores exportadores de producción manufacturera; sus ventas anuales ascienden a más de 770 mil millones de dólares y; la producción mundial se mantiene muy concentrada en algunos países desarrollados, situación que se explica por las grandes inversiones en I&D que se requieren para el lanzamiento de un nuevo producto.

Pero, la característica que le otorga un sello de estructura oligopólica a esta industria global (que se profundizará en los siguientes apartados) es que el 42.6% de las ventas farmacéuticas mundiales corresponde a sólo 10 grandes empresas, y si se agregan las 10 siguientes la concentración alcanza más de 60% del mercado mundial. Ahora, si nos centramos en el principal mercado farmacéutico mundial, es decir, los Estados Unidos, la concentración de mercado de las 10 empresas más poderosas (en ventas) que operan en ese país, llega a alcanzar hasta más del 55% (MEAE-FCEAURU, 2011; Pattikawa, 2008). Tal concentración se ha agudizado por un significativo proceso de fusiones y adquisiciones que se ha experimentado en las últimas décadas, tendencia que se mantiene (MEAE-FCEAURU, 2011).

Recapitulando, como las actividades de la industria farmacéutica quedan cada vez más enmarcadas en lo que se ha dado en llamar “economías del conocimiento”, las técnicas tradicionales para la producción de medicamentos basadas en la química tradicional, están siendo desplazadas por técnicas productivas basadas en la biotecnología; por lo tanto, la mayoría de las empresas farmacéuticas de la actualidad se auxilian en gran medida en los insumos de conocimiento científico y tecnológico proveniente inicialmente de las pequeñas empresas biotecnológicas rojas, muchas de las cuales mantienen fuertes vínculos con las universidades y los centros públicos de investigación. En consecuencia, puede decirse que el grueso de la industria farmacéutica de nuestro tiempo es una industria intensiva en conocimiento. En el siguiente apartado se enlistan algunas propiedades sobresalientes de lo que de ahora en adelante se denominará “sector biotecnológico de la industria farmacéutica” para referir la combinación de las actividades farmacéuticas con las biotecnológicas que son la de mayor interés en este trabajo.

2.2. Hechos estilizados que permiten delimitar un sector biofarmacéutico global

Podría decirse que el punto de inicio del sector biotecnológico de la industria farmacéutica nace como consecuencia de los mayores descubrimientos biotecnológicos llevados a cabo a principios de los 1970³⁴ (Roijackers y Hagedoorn, 2006: 431), y que *a posteriori* permitieron grandes aplicaciones en la industria farmacéutica.

Desde sus inicios, las pequeñas firmas biotecnológicas (en su mayoría ligadas al sector salud) se incrementaron en el mundo hasta llegar a más de 5,500 empresas en 2003 (véase cuadro 2). Para ese año, más de 2,200 productos biotecnológicos estaban en desarrollo; principalmente, en los Estados Unidos y la Unión Europea. De hecho, en el primer país, esta industria ha experimentado un crecimiento exponencial, pues sus ingresos pasaron de 8 mil millones de dólares en 1992 a 39.2 mil millones en 2003. Se estimaba que la industria biotecnológica daría empleo a 814,900 personas en 2007 en ese país. Los Estados Unidos representan el mercado más importante para los productos biotecnológicos (más del 25% de las firmas biotecnológicas en el mundo operan en este país), y la mayoría de las actividades en I&D se conducen en laboratorios públicos y privados localizados allí (Ramírez y Uribe, 2004: 404; Van y Arundel, 2006).

Cuadro 2. Firmas biotecnológicas en distintas áreas geográficas del mundo

Región o país	No. de empresas
Unión Europea	3,154
Estados Unidos	2,196
Japón	804
Corea del Sur	640
Canadá	490
Australia	304
China	158
Nueva Zelanda	116
Sudáfrica	106

Fuente: elaborado con base en Hermans et al. (2008: 251).

³⁴ De las biotécnicas que van desde la clonación, el ADN recombinante, la fusión celular, la síntesis de proteínas, las secuencias del ADN, hasta la bio-informática y la biotecnología *in-silico*; el mayor descubrimiento se dio en 1953 cuando Watson y Crick revelaron la estructura de doble hélice del ADN. Pero, Stanley de Stanford y Boyer de la Universidad de California proporcionaron los avances definitivos en 1973 al fusionar 2 moléculas de ADN de 2 organismos diferentes, cuya síntesis se denominó "quimera", luego renombrada ADN recombinante. Estas técnicas condujeron al surgimiento de una firma que constituyó el génesis para la nueva industria biotecnológica enfocada a producir fármacos y sustancias con alta demanda de mercado (Bolívar, 2004: 9-12; Corona, 2006: 84-87).

Otro indicador que denota la creciente importancia del sector biotecnológico está representado por las patentes, de las cuales el ritmo de crecimiento en este sector ha superado el crecimiento total observado (Van y Arundel, 2006: 44-46) y la mayoría de estas patentes apuntan a el área farmacéutica. Los Estados Unidos, también, son líderes en este rubro (véase cuadro 3), pues más de 5,000 patentes fueron solicitadas entre 1996 y 2000, y mientras las patentes de esta nación se incrementaron a una tasa anual de 15%, el total se incrementó en sólo 5%; por lo tanto, el sector biotecnológico de Estados Unidos creció en su participación mundial de 56.6 a 65.5% en el mismo periodo (Corona, 2006: 89-90). En efecto, el patentamiento³⁵ se ha incrementado en escala, alcance y volumen comercial, las patentes son activos estratégicos. Es muy probable que las firmas biofarmacéuticas enfrentarían dificultades para acceder al financiamiento externo sin una base de patentes (Lindgaard, 2008).

Las patentes son de especial relevancia en el sector biotecnológico-farmacéutico porque, como menciona Pattikawa (2008: 26), si bien el costo de fabricar una botella adicional de medicamento es bajo, la inversión necesitada en I&D para desarrollar un nuevo fármaco puede ser muy cuantiosa. En consecuencia, los precios del medicamento suelen ser mucho más altos que el costo de producir una unidad adicional de un fármaco. De *facto*, una empresa tiene que asegurarse de que los retornos de la innovación (patente) puedan cubrir el costo de la I&D. El mecanismo que puede garantizar precios altos de los medicamentos es el sistema de protección de patentes, que incluso puede alentar a las empresas a invertir más en I&D.

En la Unión Europea, el empuje de las actividades biotecnológicas con aplicaciones farmacéuticas también se ha reforzado por un ambiente prometedor derivado de un número creciente de alianzas estratégicas, asociaciones y fusiones entre empresas europeas y estadounidenses (González, 2003: 89-110). No obstante, la mayoría de las firmas *biotech* se localizan en las grandes economías (Reino Unido, Francia y Alemania). Un factor adicional que contribuyó al mejoramiento de la situación europea fue la promoción de la cultura del emprendizaje mediante la educación y el entrenamiento en las universidades, las incubadoras de empresas y los bio-polos que prepararon el terreno para una nueva generación de *start-ups*.

³⁵ Entre los motivos que tienen las empresas para patentar tenemos: explotar temporalmente las ganancias (monopólicas) potenciales de nuevos productos o procesos biofarmacéuticos; mejorar el acceso a los mercados de capitales; búsqueda de protección ante los imitadores (motivo estratégico ofensivo o defensivo); el intercambio potencial de una patente (activos para el intercambio) (Lindgaard, 2008: 2).

Cuadro 3. Desempeño en innovación (patentes) por país o área de alcance

Alcance	Campo de patentamiento en la biotecnología, 2000-2003		
	Ingeniería genética y fermentación	Ingeniería bioquímica	Farmacéutica
Oficina Mundial de Patentes	7,979	213	6,488
Estados Unidos	7,125	196	5,564
Canadá	111	6	90
México	4	----	3
Oficina Europea de Patentes	797	44	587
Reino Unido	653	21	520
Alemania	712	73	496
Francia	258	16	192
Rusia	33	1	28
Japón	1,655	103	1,110
Corea del Sur	67	2	52
China	465	2	416

Fuente: elaborado con base en Hermans et al. (2008: 262).

Aunque los Estados Unidos y la Unión Europea sean los principales centros del sector biotecnológico-biofarmacéutico, la importancia y la promoción de éste se ha extendido a todo el mundo (OCDE, 2006). Así lo muestran estudios sobre Canadá (Aharonson et al., 2004), Taiwán (Dodgson et al., 2008); Argentina, Brasil, México y Cuba (Guzmán y Guzmán, 2009)³⁶; así como en dos de los mayores jugadores de la economía mundial actual, China e India³⁷.

Así pues, algunos rasgos que en retrospectiva fueron delineando el camino para el surgimiento de un sector biotecnológico-farmacéutico fueron los grandes descubrimientos de principios de los 1970 que servirían de base para la formación de muchas *start-ups* fundadas a partir de los grandes laboratorios de los centros de investigación en las universidades, de manera preponderante, las nuevas firmas estuvieron muy vinculadas con la industria farmacéutica. Desde mediados de los 1970 en adelante se ha venido consolidando esta industria que es promocionada por varios gobiernos como una punta de lanza para el crecimiento y el desarrollo.

De forma más nítida, algunos hechos preeminentes permiten la denominación de un sector biotecnológico de la industria farmacéutica, lo que no implica que las actividades farmacéuticas

³⁶ Aunque los resultados de los estudios de estas investigadoras más bien muestran esfuerzos insuficientes en el rubro de la biotecnología farmacéutica, comenzando a despuntar en Brasil y Cuba.

³⁷ Aunque Estados Unidos es el país líder, las biotecnologías rápidamente se difundieron a Canadá, Japón y Europa Occidental. Sin embargo, un estudio en 8 países en desarrollo de Asia (China, India, Corea del Sur y Singapur) y de América Latina (Argentina, Brasil, Chile y México), muestra un marcado proceso de capacidad de absorción en ciencia (todos estos países han aumentado su participación en el total de las publicaciones mundiales entre 1996 y 2008); sobresaliendo, en los últimos años, Brasil, China, Corea del Sur e India. No obstante, la participación en el patentamiento no sigue la misma tendencia y se mantiene estancada, pero muchas firmas farmacéuticas de Argentina, China, India y Corea del Sur han estado muy activas en el desarrollo de biogénicos (Niosi et al., 2010).

tradicionales basadas en la química hayan desaparecido por completo. Por un lado, en Bolívar (2004) y OCDE (2006) se establece que la última generación biotecnológica (la biotecnología moderna) está muy vinculada con la industria farmacéutica, a tal grado, que hoy en día, la mayoría de los productos farmacéuticos están de una u otra manera relacionados con alguna técnica biotecnológica moderna³⁸.

Por otro lado, la biotecnología abrió nuevas líneas de investigación para la industria farmacéutica al hacer más fácil la síntesis de proteínas humanas grandes y complejas, tales como la insulina, lo que llevó a que las alianzas basadas en la tecnología entre las empresas farmacéuticas y las biotecnológicas hayan crecido exponencialmente. Un ejemplo ilustrativo lo representa en polo científico-tecnológico de California en Estados Unidos, en donde un conjunto, relativamente, reciente de firmas farmacéuticas están en estrecha proximidad con las firmas biotecnológicas líderes (Demirel y Mazzucato, 2008: 6).

Según datos de CATI-MERIT, las alianzas que involucran a la biotecnología (mayoritariamente relacionadas con la farmacéutica) se han incrementado en el tiempo, desde representar sólo el 11% del total en 1990 hasta llegar al 53% en 2003. En otros términos, el número de este tipo de alianzas, se disparó desde 45 en 1990 hasta 368 en 2003. La tasa de crecimiento de las alianzas fue más grande para aquellas que involucran a socios de Estados Unidos (la cantidad se incrementó 9.8 veces, de 28 en 1990 a 274 en 2003); por su parte, el crecimiento fue de 6.8 veces en las alianzas que involucraron a socios europeos (de 26 en 1990 se pasó a 177 en 2003); finalmente, el incremento para los acuerdos que incorporan socios japoneses fue de 4.7 veces, al pasar de 7 alianzas en 1990 a 177 en 2003 (Van y Arundel, 2006: 55).

Diversos estudios empíricos han mostrado que la inclusión de las universidades en las alianzas de investigación biotecnológica se correlacionan positivamente con resultados variados para las firmas privadas. Algunos estudios encuentran que las tasas de crecimiento de las firmas que cooperan con las universidades son mayores que las tasas de crecimiento de las firmas sin vínculos con estas organizaciones (Boardman, 2008: 292).

³⁸ En los últimos 20 años, más del 20% de los medicamentos introducidos al mercado son producto de la biotecnología moderna. Para inicios de los 2010 se esperaba que la mitad de los medicamentos fueran de origen biotecnológico y que estas técnicas se emplearían en alguna o varias etapas del desarrollo de todos los demás medicamentos. Los productos de la biotecnología moderna se orientan al tratamiento de más de 200 padecimientos (sida, artritis, lupus, diabetes, anemia falciforme, fibrosis quística, enfermedades cardio-vasculares, tuberculosis, hepatitis, esclerosis múltiple, Parkinson, Alzheimer, asma y cáncer, entre otros) (Ramírez y Uribe, 2004: 392).

Adicionalmente, una de las áreas donde las promesas de la biotecnología se han concretado con mayor claridad es la de la salud humana. Nos encontramos ante nuevos adelantos de la biotecnología que cambiarán en forma radical la práctica médica y la industria farmacéutica del siglo XXI, la aplicación de las técnicas biotecnológicas modernas será una herramienta poderosa para la identificación, la prevención, y la solución de enfermedades que hasta la fecha no han encontrado cura a pesar de los avances de la medicina (Ramírez y Uribe, 2004: 391).

En cuanto al impacto en la generación de empleos, el sector biotecnológico farmacéutico moderna no se caracteriza por ser un sector intensivo en mano de obra. El tamaño promedio de las firmas es de entre 40 y 130 empleados. Sin embargo, los empleos indirectos generados son apreciables. Además, los recursos humanos requeridos son de una muy alta especialización³⁹, lo cual es una característica que distingue a las empresas generadoras de riqueza y a los países económicamente desarrollados. Otra característica notable del sector es el elevado porcentaje de ventas que se dedica a la I&D; por ejemplo, en los Estados Unidos llega a ser de 20% en promedio, unas cinco veces mayor a lo que la industria en general de ese país invierte en I&D (Ramírez y Uribe, 2004: 404-406; Van y Arundel, 2006).

Por otra parte, las grandes farmacéuticas comienzan a dominar y marcar la pauta de la trayectoria innovadora en el sector biotecnológico-farmacéutico, confirmando la hipótesis de que este tipo de empresas han asimilado-internalizado las capacidades-habilidades necesarias para innovar en el sector biofarmacéutico; además, tales capacidades se han alcanzado en buena parte mediante la colaboración científica y tecnológica interfirma e interinstitucional.

Una vez que las grandes firmas farmacéuticas logran trazar una trayectoria tecnológica que les haya permitido escalar industrialmente varios nuevos productos farmacéuticos (biotec), las elevadas inversiones en I&D continúan, y desde la perspectiva de Pattikawa (2008), los elevados costos de la I&D para desarrollar nuevos medicamentos pueden disuadir la entrada en los mercados de fármacos mediante tres mecanismos: se generan economías de escala que aparecen por los costos compartidos, aparecen economías de alcance que surgen al aprovechar la oportunidad de explotar el conocimiento dentro de una firma, y a la vez el conocimiento mejora

³⁹ De acuerdo con información de Van Beuzekom y Arundel del 2006, retomada por Hermans et al. (2008: 249-250), la fuerza de trabajo empleada en la biotecnología en Estados Unidos era de 172,391 y en la Unión Europea era de 73,189. De esa fuerza de trabajo, se estimaba que el cociente que relaciona al empleo en I&D y el empleo total es muy alto, de entre 0.3 y 0.5; en otras palabras, más de 1 de cada 3 empleados en las actividades biotecnológicas son investigadores.

las habilidades para absorber los *spillovers* internos y externos. Estas condiciones contribuyen a delinear un entorno oligopólico del sector biofarmacéutico.

En lo que respecta a la colaboración institucional Fabrizio (2006), junto con otros trabajos ya mencionados (Arora y Gambardella, 1992; Cockburn y Henderson, 1998), establece que tanto la industria biotecnológica como la farmacéutica utilizan como insumo básico para la innovación lo que él denomina “ciencia pública” que no es otra cosa más que el conocimiento producido y difundido por las universidades, pero si se compara la intensidad en el uso de esa información a través de las citas, es la biotecnología la que está más estrechamente vinculada con el conocimiento universitario. Este documento también confirma la hipótesis de que para aprovechar y explotar ese conocimiento, aparentemente público, se requiere el desarrollo de capacidades y habilidades previas; no obstante, lo más importante es que se concluye que las firmas que colaboran más con las universidades tienen un mejor desempeño innovativo.

Por otro lado, existen productos del sector biofarmacéutico cuyo ciclo de vida ha entrado en una etapa de madurez que se caracteriza por el vencimiento de patentes, la reducción de precios y la aparición de nuevos competidores. En consecuencia, empieza a surgir un mercado importante de biogénéricos, tal y como existe en los productos tradicionales (basados en la química). Por ejemplo, en Estados Unidos, la penetración de medicamentos genéricos en el mercado creció de 19% a 47% entre 1984 y 2000 (Ramírez y Uribe, 2004: 406-407).

Resumiendo, son cinco rasgos sobresalientes que pueden ayudar a delimitar conceptualmente un sector biotecnológico de la industria farmacéutica, veamos:

- i. las técnicas biotecnológicas modernas están muy vinculadas con la industria farmacéutica, a tal grado que podrían verse casi como sinónimos;
- ii. la biotecnología abrió nuevas líneas de investigación –muy cercanas con la ciencia básica universitaria– para la industria farmacéutica potencializando la colaboración científica y tecnológica entre las firmas biotecnológicas y las farmacéuticas;
- iii. conforme se va consolidando la biotecnología, comienzan a predominar las grandes empresas farmacéuticas tradicionales, lo cual muestra que las técnicas biotecnológicas modernas se han generalizado en toda la industria farmacéutica;
- iv. nos encontramos en un periodo en el que comienzan a vencer las primeras patentes del sector biofarmacéutico lo que abre un enorme potencial para la producción de medicamentos genéricos con técnicas biotecnológicas;
- v. las firmas del sector biofarmacéutico son de las que se mantienen más activas en los acuerdos de colaboración científica y tecnológica con las universidades, sin embargo, el vínculo hasta ahora ha sido triangular (universidad-biotecnología-farmacéutica), pero comienza a aparecer la colaboración directa gran empresa farmacéutica-universidad.

2.3. Ambiente de cooperación tecnológica que envuelve al sector biofarmacéutico mundial

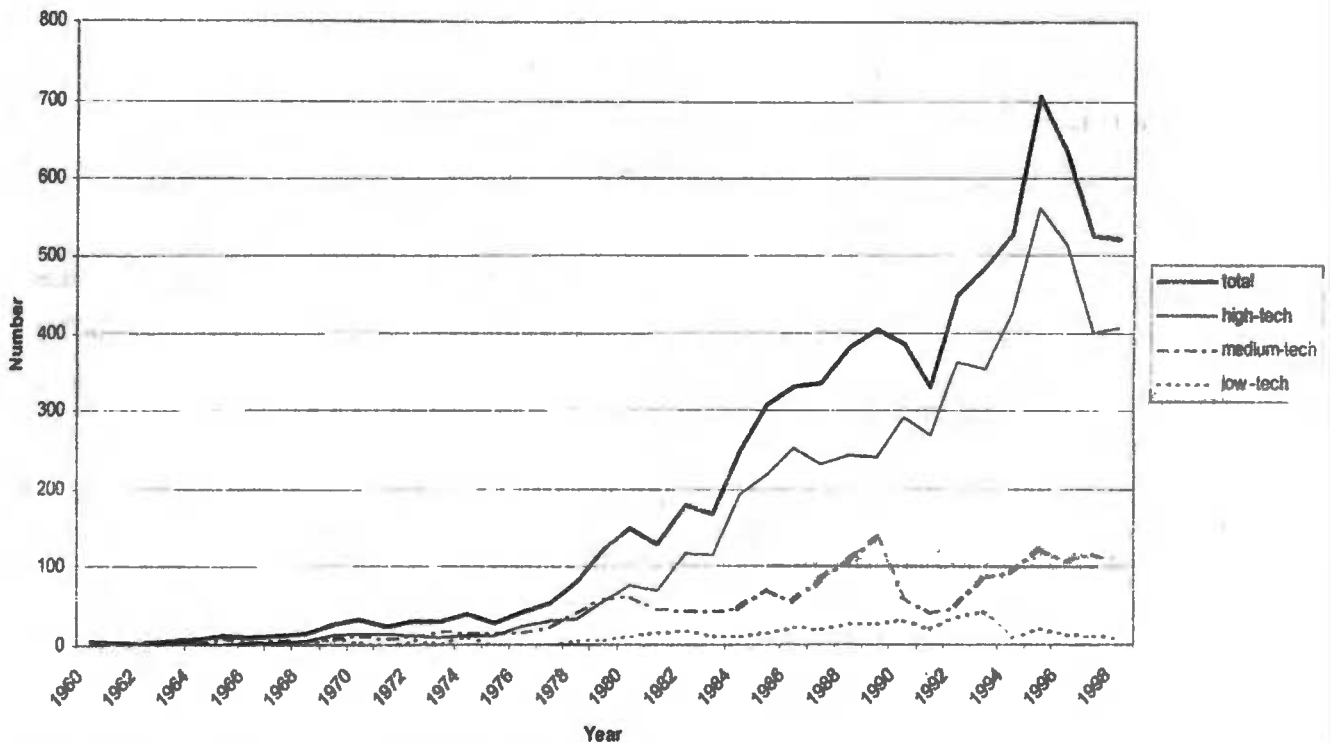
En la economía de la organización industrial (con planteamientos neoclásicos) se asume que cuando un grupo de empresas cooperan entre sí es porque buscan formar cárteles para dominar y repartirse los mercados, eso implica que la colaboración interorganizacional se vea como un mecanismo que va en contra de la competencia (Veugelers, 1998). Sin embargo, el avance del conocimiento sobre la cooperación entre las empresas y otras organizaciones ha mostrado que el impulso a la cooperación no sólo no emperora las condiciones competitivas sino que las puede mejorar, cuando las firmas colaborativas no rebasan cierta concentración del mercado (Jorde y Teece, 1990; Teece, 1992).

Desde hace varias décadas, los gobiernos de los países, las empresas y, más recientemente, las universidades han venido promoviendo la cooperación tecnológica y científica entre las distintas organizaciones. Por ejemplo, Japón es uno de los países que después de la Segunda Guerra Mundial impulsó los consorcios de colaboración entre las empresas, estrategia que le permitió obtener el liderazgo de industrias altamente rentables como la electrónica (Teece, 1992; Sakakibara, 2001). De hecho, la pérdida de competitividad de la industria electrónica estadounidense frente a la japonesa se debe, en parte, a que la propia legislación de Estados Unidos, atendiendo preceptos teóricos neoclásicos, restringía la colaboración entre las empresas (Jorde y Teece, 1990). Después de comprender que la colaboración es importante para ganar competitividad industrial, los Estados Unidos emprendieron una serie de reformas que revitalizaron a su industria.

En las estrategias colaborativas de las empresas, el papel de la tecnología ha sido crucial, veamos este ejemplo: Japón es considerado como un precursor en la práctica de I&D, el proyecto más representativo es el Circuito Integrado de Gran Escala (CIGE) que fue diseñado para ayudar a ese país a competir con la tecnología de semiconductores de Estados Unidos. El proyecto se desarrolló entre 1975 y 1985; después de esta acción, las empresas japonesas de semiconductores ganaron un liderazgo mundial. El éxito de proyectos como el CIGE motivó a otros países a emular el “estilo japonés” de colaboración tecnológica. En Estados Unidos se impulsó el *Acta Nacional de Investigación Colaborativa* de 1984, y luego la de *Tecnología de Manufactura de Semiconductores* en 1993. En Europa el mayor esfuerzo incluye el *Programa Estratégico Europeo para la Investigación y el Desarrollo de Tecnologías de la Información (ESPRIT)*, en el Reino Unido el proyecto *Alvey*, y otros programas de la *Agencia Europea de Coordinación de la*

Investigación (EURECA). El gobierno coreano también ha lanzado proyectos cooperativos en I&D (Sakakibara, 2001: 181-182).

Figura 4. Crecimiento mundial de los acuerdos de colaboración tecnológica, 1960-2000⁴⁰



Fuente: base de datos CATI, tomada de Caloghirou et al. (2008).

Otros trabajos que dan cuenta de la colaboración tecnológica en el mundo occidental son los de Surroca y Santamaría (2006) en el que analizan el mejor desempeño productivo y empresarial que alcanzan las firmas colaborativas en España, Morone et al. (2008) abordan la cuestión de la cooperación de las pequeñas empresas en los distritos industriales de Italia, Meyer-Krahmer y Schmoch (1998) analizan algunas industrias alemanas basadas en la tecnología, Gittelman (2006) se ocupa de mostrar evidencias de la colaboración en el sector biofarmacéutico de Estados Unidos y de Francia; entre otros realizados en países más pequeños de Europa, por ejemplo, Bekkers y Bodas (2010) examinan el desempeño de los acuerdos colaborativos industria-universidad en los Píses Bajos, así como Veugelers y Cassiman (1998), también para

⁴⁰ Tan sólo en el campo biotecnológico, entre 2001 y 2003 se reportaron en la base CATI-MERIT 1,055 alianzas (Van y Arundel, 2006: 55).

Bélgica, estudian las decisiones de hacer o buscar las innovaciones requeridas por las empresas. En todos estos trabajos parece haber coincidencia en que la colaboración tecnológica entre las firmas y de firmas con universidades mejora el desempeño competitivo de las empresas participantes.

Aunque la estrategia de recurrir a la colaboración tecnológica, como un mecanismo para impulsar la competitividad industrial y empresarial, poco a poco se extiende por todo el mundo, de nueva cuenta son los países más desarrollados los que llevan la delantera. Diversos autores han investigado el crecimiento de las alianzas tecnológicas y científicas en el mundo desarrollado entre las empresas y de empresas con universidades, entre ellos destacan los estudios de Veugelers (1998) y Caloghirou et al. (2008), (véase figura 4). Sin embargo, también comienzan a proliferar las investigaciones en los países recientemente industrializados, por ejemplo, de Taiwán (Dodgson et al., 2008), y de los llamados emergentes como Brasil y México (Guzmán y Guzmán, 2009). Muchos de los acuerdos colaborativos se dan en el sector biofarmacéutico.

Más de una tercera parte de los nuevos medicamentos aprobados entre 1963 y 1999 se originaron en las alianzas establecidas entre las empresas biotecnológicas y las farmacéuticas. De hecho, los datos sobre las alianzas tecnológicas estratégicas muestran un crecimiento exponencial en el sector biomédico desde inicios de los 1990. En este sentido, mientras el número total de nuevas alianzas tecnológicas estratégicas registradas por año en la base CATI-MERIT creció 76% entre 1990 y 2003, el número de nuevas alianzas en el sector biofarmacéutico se incrementó en 818% (Cockburn, 2008: 212).

No obstante, el crecimiento en la estrecha colaboración interorganizacional en el sector biofarmacéutico ha originado la necesidad de una proximidad geográfica alrededor de los centros de investigación de excelencia. Por ejemplo, dentro de los Estados Unidos (principal centro biofarmacéutico global), las firmas biofarmacéuticas están agrupadas en un pequeño número de regiones como San Francisco, San Diego y Boston. Además, al interior de otros países en el mundo, la innovación en la biotecnología roja tiende a estar agrupada regionalmente. Aunado a esto, los campos del conocimiento relacionados con la biotecnología están dispersos en las universidades y en las instituciones de investigación de los principales países desarrollados y de los emergentes (Hermans et al., 2008: 239, 243).

Respecto al monitoreo mundial de cómo han evolucionado los acuerdos colaborativos en ciencia y tecnología de las empresas, son cuatro las mayores bases de datos de las alianzas

tecnológicas estratégicas y de proyectos conjuntos de investigación (*RJV*, por sus siglas en inglés), compiladas por investigadores académicos, que han sido utilizadas en numerosos análisis empíricos:

1. La base CATI, cubre los acuerdos de cooperación técnica de todos tipos incluyendo *RJV* anunciados globalmente desde finales de los 1970. Ésta contiene información seleccionada sobre aquellas empresas que participan en los acuerdos. Esta base es actualizada por John Hagedoorn y sus colegas de la Universidad de Maastricht.
2. La base NCRA-RJV, su recurso básico es la información de los archivos *RJV* del Departamento de Justicia de los Estados Unidos desde 1985. Ésta contiene información sobre cada *RJV* e información financiera longitudinal sobre variables seleccionadas de todos los socios identificados. La base es administrada por Nicholas Vonortas y sus colegas de la Universidad George Washington.
3. La base CORE, contiene información sobre la industria en lugar de las firmas participantes en los acuerdos de colaboración. Es administrada por Al Link y sus colegas de la Universidad del Norte de Carolina.
4. El banco de datos *STEP TO RJV*. Se conforma por 3 bases de datos separadas. La *EU-RJV* que contiene información sobre todos los *RJV* de los socios participantes que fueron fundados mediante los programas de la Unión Europea desde 1984. La *EUREKA-RJV* contiene información similar de todos los *RJV* europeos seleccionados por EUREKA desde 1985. La base *RJV Survey* contiene información detallada sobre la I&D colaborativa con un panorama amplio de las firmas europeas participantes en los *RJV*. El banco de datos *STEP TO RJV* se administra por Yannis Caloghirou y sus colegas en la Universidad Técnica Nacional de Atenas (Caloghirou et al., 2008: 24-25).

La importancia de describir de manera muy general estas bases, es que se observa un interés creciente por estudiar este fenómeno que comenzó a despuntar desde finales de los 1970. No obstante, estos esfuerzos se circunscriben a unos cuantos grupos de investigadores de algunas universidades y no a alguna agencia de información estadística oficial que vaya registrando estas alianzas, cuya información específica estuviera al alcance de todos. Esta preocupación, incluso se encuentra presente en documentos de la OCDE (OCDE, 2009; Van y Arundel, 2006).

Después de la realización de un análisis empírico de la colaboración tecnológica interfirma y empresa-universidad de largo alcance, retomando algunas de las bases mencionadas, y con base en otros trabajos publicados, Caloghirou et al. (2008: 26) concluyen que empíricamente los determinantes de la formación de *RJV* son:

- i. costos compartidos para el financiamiento de la I&D;
- ii. reducción de la duplicación de los esfuerzos individuales en I&D;
- iii. riesgos compartidos y reducción de la incertidumbre de los proyectos;
- iv. internalización de los *spillovers* derivados del conocimiento;
- v. continuación de los esfuerzos en I&D y acceso al financiamiento;

- vi. acceso a recursos y habilidades complementarias;
- vii. potencialización de los recursos para la I&D, sinergias de investigación;
- viii. mayor efectividad del despliegue de todos los recursos, más allá de los estratégicos;
- ix. estrategia de acceso al mercado y creación de “opciones” de inversión;
- x. promoción y búsqueda de estándares técnicos;
- xi. poder de mercado y cooptación de la competencia;
- xii. ventajas legales y políticas que adquieren las organizaciones participantes.

En general, estos determinantes coinciden con los principales motivos económicos que señala la literatura teórica como detonantes de la cooperación científica y tecnológica entre las empresas y universidades-empresas. Sin embargo, si se piensa que la cooperación tecnológica como una estrategia para cooptar a la competencia (numeral xi) nos podría inducir a errores (como sucedió con las políticas industriales en Estados Unidos que limitaban los acuerdos colaborativos), más bien se debe pensar en que la cooperación se busca, principalmente, para adquirir nuevas capacidades y habilidades que le permiten a las empresas alcanzar niveles de mayor competitividad en el mercado.

Recapitulando, el objeto principal de la colaboración en investigación científica y tecnológica es potencializar, en el sentido amplio, los recursos y los esfuerzos de los socios para desarrollar nuevo conocimiento o nuevas capacidades que sean útiles a las organizaciones participantes; de hecho, diversas investigaciones empíricas confirman los motivos principales, propuestos por la teoría, que impulsan la cooperación. Además, la promoción de la cooperación firma-firma y empresa-universidad tiene que ver con el interés de las mismas empresas por alcanzar mejores desempeños productivos y, en efecto, elevar el nivel competitivo de las organizaciones participantes.

Finalmente, otro punto importante es que los acuerdos de colaboración científica y tecnológica interfirma y universidad-empresa se dan, esencialmente, en las industrias o sectores de alta tecnología donde se requiere la introducción de innovaciones en productos y en procesos de manera constante, porque eso eleva la probabilidad de que las empresas permanezcan y sean más competitivas en el mercado⁴¹. De este modo, ante las exigencias de la innovación, las firmas tienen la opción de colaborar entre ellas y con las universidades porque de otra forma les sería

⁴¹ El avance que registran las nuevas tecnologías para el desarrollo de fármacos ha inducido a las empresas farmacéuticas a destinar más recursos a estas tecnologías (biotec) con la finalidad de mantener la ventaja competitiva. En efecto, la industria farmacéutica es altamente rentable porque los activos intangibles (del conocimiento) juegan un papel importante en el desarrollo de los nuevos fármacos que depende de las elevadas inversiones en I&D; pero, los altos retornos compensan con creces esas inversiones (Pattikawa, 2008).

más difícil desarrollar las capacidades y habilidades necesarias. Una de las industrias donde se hace más nítida esta problemática es en la farmacéutica.

2.3.1. Colaboración de las firmas biotecnológicas con las grandes farmacéuticas tradicionales

Como ya se ha señalado, en la actualidad las actividades de la industria farmacéutica están muy ligadas a los desarrollos y descubrimientos que se realizan en la biotecnología; sin embargo, la interacción cada vez es menos lineal; es decir, en el nacimiento del sector biofarmacéutico parecía que había una clara división del trabajo con muchas pequeñas firmas biotecnológicas abasteciendo de invenciones e innovaciones a las grandes empresas farmacéuticas que llevaban a escala industrial y a la comercialización tales inventos o innovaciones; esta tendencia ha declinado en gran medida, pues lo que ahora se observa es una activa participación en la investigación biotecnológica de usos farmacéuticos por parte de las grandes firmas. Dado esto, es conveniente reflexionar en las líneas que siguen sobre cómo ha evolucionado este proceso.

Visto el desarrollo biofarmacéutico en retrospectiva, durante la segunda mitad de los 1970, un puñado de grandes empresas farmacéuticas como Bristol-Myers, Eli Lilly, y Johnson & Johnson empezaron a explorar nuevos desarrollos en biotecnología, para eso se engancharon en varios acuerdos de investigación con *start-ups* biotecnológicas⁴² con la finalidad de ganar acceso al nuevo conocimiento. Desde 1985 en adelante, las empresas, de manera creciente prefirieron los acuerdos conjuntos de I&D en lugar de los contratos en I&D⁴³. Este hallazgo parece indicar dos grandes desarrollos. Primero, la internalización del nuevo *know-how* biotecnológico por las empresas farmacéuticas establecidas que han creado sus propios centros de investigación, los cuales las hacen menos dependientes de la investigación de las firmas especializadas. Segundo, la cooperación interfirma en I&D en la biofarmacéutica se caracteriza cada vez más por la colaboración de los departamentos de investigación a través de los acuerdos conjuntos de I&D (Roijakkers y Hagedoorn, 2006: 435).

Un subgrupo de empresas biofarmacéuticas de gran relevancia se constituye por las pequeñas, al respecto, Demirel y Mazzucato (2008: 4), mencionan que de manera paralela a la consolidación de las técnicas modernas de la biotecnología, la industria atestiguó la entrada de

⁴² En general, tales *start-ups* fueron fundadas por científicos académicos y, por tanto, mantienen fuertes vínculos o acuerdos de colaboración científica y tecnológica con los centros universitarios de investigación.

⁴³ Aunque la OCDE (2009: 12) sostiene que si es difícil obtener datos cuantitativos sobre las colaboraciones reales, los contratos en I&D biotecnológica pueden utilizarse como datos sobre la colaboración entre instituciones.

muchas pequeñas firmas farmacéuticas y éstas comenzaron a jugar un papel creciente e importante en las innovaciones del periodo posterior a los 1980. La emergencia de las pequeñas empresas farmacéuticas junto con la revolución en la biotecnología condujo a una división del trabajo en la innovación entre estas firmas y las grandes empresas, con las pequeñas jugando un rol importante en las etapas más tempranas del descubrimiento de fármacos, en tanto que las grandes se hicieron cargo de la producción industrial, los tratamientos clínicos, la revisión del proceso regulatorio y las actividades de mercadeo.

Tabla 6. Comparación de las 10 principales firmas con el mayor número de acuerdos de colaboración en I&D (números entre paréntesis) en el sector biofarmacéutico

	1975-1979	1980-1984	1985-1989	1990-1994	1995-1999	2008*
1	Ciba-Geigy (4)	Genentech (14)	Chiron (12)	Ciba-Geigy (18)	Roche (41)	Pfizer
2	Marion Laboratories (3)	Biogen (10)	Biogen (12)	Merck (15)	SmithKline Beecham (28)	GlaxoSmithKline
3	Procordia Nova (3)	Genetic Systems (9)	SmithKline Beckman (11)	Glaxo (14)	Pfizer (23)	Novartis
4	Genentech (3)	Genex (8)	Eastman Kodak (11)	Eli Lilly (14)	Bristol-Myers Squibb (23)	Sanofi-Aventis
5	Genex (2)	Johnson & Johnson (8)	Genentech (11)	Chiron (13)	Rhône-Poulenc (22)	AstraZeneca
6	Sandoz (2)	Amgen (6)	Johnson & Johnson (10)	SmithKline Beecham (13)	Glaxo Wellcome (22)	Roche
7	Schering (2)	Syntex (6)	California Biotechnology (10)	American Home Products (10)	Eli Lilly (19)	Johnson & Johnson
8	Johnson & Johnson (1)	Mitsui (6)	Celltech (9)	Eastman Kodak (8)	Hoechst (17)	Merck & Co
9	Bayer (1)	Cetus (6)	Genetics Institute (9)	Hoechst (8)	Bayer (15)	Abbott
10	Baxter-Travenol Laboratories (1)	Ciba Geigy (5)	Du Pont de Nemours (9)	Rhône-Poulenc (7)	Warner-Lambert (15)	Eli Lilly

Fuente: elaborado con base en Roijakkers y Hagedoorn (2006: 441).

* Para el 2008, no se cuenta con la información que permita determinar el número de alianzas que han establecido estas grandes empresas, pero se puede decir que este *top 10* tiene una amplia participación del mercado mundial (MEAE-FCEAURU, 2011: 19).

No obstante la estrecha colaboración que se da entre las firmas biotecnológicas y las farmacéuticas, la tendencia mundial parece mostrar que en un inicio las pequeñas firmas eran las principales proveedoras del nuevo conocimiento y buscaban aliarse con otras empresas (grandes farmacéuticas tradicionales) para seguir adelante con las innovaciones, pero conforme ha avanzado el desarrollo de la biotecnología, las grandes firmas han internalizado el *know how* y ahora ellas mismas se han convertido en las principales promotoras de los acuerdos colaborativos en ciencia y tecnología para compartir el nuevo conocimiento biotecnológico (véase tabla 6).

Sin embargo, el conocimiento de frontera que se genera en las disciplinas cercanas a la biotecnología sigue sirviendo como base de lanzamiento para la apertura de cientos de pequeñas

nuevas firmas (la mayoría farmacéuticas) que mantienen fuertes vínculos con los centros públicos de investigación y las universidades. Asimismo, muchas de estas nuevas empresas son utilizadas como plataformas tecnológicas de las ya existentes⁴⁴ mediante acuerdos de colaboración tecnológica de diversos tipos.

En retrospectiva, a más de tres décadas de tener empresas farmacéuticas que trabajan con técnicas biotecnológicas modernas, estamos ante la posibilidad de delinear una trayectoria general del papel jugado por grandes y pequeñas empresas en el desarrollo de esta industria apoyándonos en una perspectiva evolucionista. De este modo, el papel jugado por las grandes farmacéuticas tradicionales y las nuevas compañías biotecnológicas en las redes de investigación puede ubicarse en la tradición schumpeteriana. En Schumpeter (1912), las compañías emprendedoras son firmas pequeñas que actúan como los mayores agentes de cambio dentro de las nuevas industrias. Estas compañías son innovadoras que introducen nuevos productos cuyo desarrollo mayoritariamente se financia mediante fuentes externas.

Muchos elementos de tales firmas emprendedoras schumpeterianas están presentes en los inicios de la biotecnología farmacéutica. Las nuevas y pequeñas firmas biotecnológicas fundadas fueron financiadas mediante capital de riesgo o préstamos y participaciones equitativas de las compañías farmacéuticas establecidas. Estas pequeñas empresas, originalmente están basadas en la investigación universitaria que conduce los mayores cambios científicos y tecnológicos⁴⁵, casi todas las pequeñas empresas biotecnológicas también comenzaron como nuevas entrantes a la industria farmacéutica. Adicionalmente, la “cultura académica” dentro de estas compañías guiadas por la innovación y vagamente organizadas, con estructuras informales y no jerarquizadas, las pone aparte de muchas otras empresas “tradicionales” (Roijakkers y Hagedoorn, 2006: 442). A este proceso quien esto escribe, en otro trabajo (García, 2009) lo denomina como protouniversidad para denominar a las empresas que cada día se vinculan más con la ciencia y la tecnología como si internalizaran la función de la investigación de cualquier universidad.

⁴⁴ Aunque la industria biofarmacéutica continua dominada por las grandes empresas integradas que hacen mucha innovación intramuros, en las últimas décadas se ha observado una significativa reestructuración vertical de la industria, y estas empresas cada vez más confían en las fuentes externas de I&D en las fases de descubrimiento y de desarrollo de la investigación (Cockburn, 2008: 212).

⁴⁵ Las nuevas firmas biotecnológicas parece que tienen como objetivo los descubrimientos científicos y el desempeño innovativo y no sólo la búsqueda convencional de la ganancia.

Por otro lado, Schumpeter (1950) describe un mundo de capitalismo moderno donde las grandes empresas basadas en la ciencia dominan el ambiente innovativo y donde la innovación se convierte en una rutina dentro de los grandes laboratorios de investigación y en los departamentos de I&D. Por ejemplo, el papel dominante de las grandes empresas se encuentra más claro en los subsectores farmacéuticos más tradicionales (Arora y Gambardella, 1990). Sin embargo, las grandes firmas con sus extensas actividades en I&D y sus experiencias de largo plazo para lidiar con los prolongados tratamientos clínicos han venido a dominar el proceso de innovación en la industria farmacéutica tradicional (Roijsackers y Hagedoorn, 2006).

Por la discusión anterior, se podría esperar que el papel central de las nuevas y pequeñas firmas biotecnológicas en las redes de investigación, como se enfatiza en el temprano trabajo de Schumpeter, es más obvio durante los 1980 cuando muchas de estas nuevas empresas introdujeron los mayores avances científicos y tecnológicos en la industria farmacéutica. Pero, conforme el campo de la biotecnología farmacéutica ha madurado gradualmente, las empresas biotecnológicas emprendedoras podrían haberse convertido en menos importantes para la colaboración interfirma en I&D, en tanto que las grandes firmas tradicionales se pueden haber convertido en más dominantes (Roijsackers y Hagedoorn, 2006).

Por ejemplo, el sector biofarmacéutico actual de Taiwán puede ser ilustrativo para describir la fase de lanzamiento de la biofarmacéutica, pues aunque se hacen grandes esfuerzos para consolidar un sector biofarmacéutico importante mediante la promoción de parques científicos, estrechamente vinculados con las universidades como semilleros de *spin-offs*, no se ha logrado un éxito similar a la industria electrónica; uno de los problemas fundamentales es que no se ha alcanzado la conexión de la actividad innovadora de las *spin-offs* y las grandes firmas farmacéuticas que poseen la capacidad y la experiencia para la comercialización de los productos y procesos novedosos⁴⁶ (Dodgson et al., 2008).

De acuerdo con la tabla 6, en el periodo de 1980-1984, el *top* de la lista se cubre, principalmente, por nuevas y pequeñas firmas biotecnológicas (Genentech, Biogen, Genex y

⁴⁶ Las estrechas conexiones con los investigadores universitarios, así como unas relaciones más dispersas geográficamente con los comercializadores de la innovación, ha contribuido a una estructura altamente emprendedora en la biotecnología roja. La combinación de esta estructura con la presencia de múltiples revoluciones en la ciencia y la tecnología, ha mantenido a la industria en un estado de “inmadurez perpetua”. El flujo continuo de innovaciones científicas y la fragmentación de la cadena de valor alienta al sector biotecnológico a crear nuevas empresas continuamente. Una vez que las firmas del sector rojo establecen una trayectoria comercial comprobada, éstas la consolidan o se embarcan en acuerdos cooperativos con las empresas establecidas para el desarrollo y la distribución (Hermans, 2008: 240).

Amgen), todas de Estados Unidos. Estas compañías biotecnológicas juegan un importante papel de “puente” en el sentido de que forman vínculos cruciales entre las redes alrededor de las empresas farmacéuticas que de otra manera no estarían conectadas.

De 1985 a 1989, el *top* de la lista todavía lo encabezan las pequeñas firmas biotecnológicas (Chiron, Biogen y Genentech), cada una con más de 10 participaciones en colaboraciones de I&D. Sin embargo, este lustro marca el inicio de una nueva trayectoria donde las grandes compañías farmacéuticas establecidas (SmithKline Beckman y Johnson & Johnson), se convierten, paulatinamente, otra vez en las más importantes. Esto también indica el creciente papel de las grandes empresas en la investigación biotecnológica y en las redes que conducen tal investigación. La red de colaboraciones interfirma se ha vuelto más compleja con un gran número de jugadores nodales entre muchos *clusters*, tales como Merck, Roche, Integrated Genetics, Eastman Kodak, Sandoz, Hoechst, Ciba-Geigy, Celltech, y muchas otras compañías (Roijsackers y Hagedoorn, 2006).

En concordancia con lo anterior, otro trabajo que muestra evidencias, en la misma línea, se refiere al caso de Canadá donde las grandes empresas biofarmacéuticas organizan las redes de innovación en los *clusters* de las principales regiones industriales con alta presencia de empresas biotecnológicas y farmacéuticas. En el documento también se demuestra que la cercanía entre las empresas permite una mayor interacción de las mismas por lo que existe un mejor desempeño innovativo cuando en los *clusters* tiende a haber cierta especialización de firmas biotecnológicas y farmacéuticas. La presencia de las grandes empresas, de alguna manera, garantiza el buen desempeño de la innovación al tener interacción con las pequeñas innovadoras; es decir, existe retroalimentación en el proceso innovativo (Aharonson et al., 2004).

El papel crecientemente importante de las grandes empresas farmacéuticas se hace más evidente cuando se examina la lista de las compañías más intensamente cooperantes en el periodo 1990-1994. De este modo, de 1995 a 1999, la lista de los mayores jugadores sólo contempla a un reducido número de empresas farmacéuticas establecidas bien conocidas (Roche, SmithKline Beecham y Pfizer, y un grupo de firmas más orientadas a la química que también tienen algunos negocios en la farmacéutica, tales como Rhône-Poulenc, Hoechst y Bayer (véase tabla 6).

La hegemonía en la producción y en la comercialización de medicamentos, a nivel mundial que mantienen las grandes empresas⁴⁷ puede estar relacionada con la preponderancia que ahora adquieren éstas en la conducción de la mayor cantidad de los acuerdos de cooperación tecnológica. Esta situación da paso a que se perciba a un sector biofarmacéutico global que tiende a tener una estructura oligopólica. Sin embargo, este tipo de organización industrial es necesaria porque los requerimientos para el financiamiento de actividades innovativas son enormes y, una abundancia de pequeñas firmas trabajando cada cual por su cuenta, no podría garantizar los recursos necesarios para la investigación científica y tecnológica que es indispensable en esta industria.

Además de la intensa actividad colaborativa, Carvajal (2005) señala que el mercado farmacéutico mundial ha registrado un continuo de fusiones y adquisiciones de empresas, que les han permitido sobrevivir en un sector altamente competitivo. Estos procesos comenzaron desde los 1970 por los costos de la I&D para nuevos fármacos que comenzaron a incrementarse notablemente (se alargaron los ciclos de estudio y de aprobación, y aumentaron los costos de lanzamiento de nuevas moléculas). En los 1990, algunas grandes farmacéuticas europeas se combinaron para aumentar su penetración en el mercado estadounidense (el más grande del mundo) y para apalancar sus economías de escala en los campos de la I&D; así Glaxo y Wellcome se fusionaron en 1995, Sandoz y Ciba-Geigy formaron Novartis en 1996, Astra y Zeneca se fusionaron en 1998 y, Hoechst y Rhône-Poulenc formaron Aventis en 1999, que a la vez se fusionó en 2004 con Sanofi-Synthelabo par conformar la gigante Sanofi-Aventis.

Las fusiones y adquisiciones de pequeñas firmas por las grandes farmacéuticas, permite a estas últimas reducir sus costos de I&D, a la vez que adquieren nuevas tecnologías que integran a sus procesos. Y es que la tendencia del progreso tecnológico muestra cada vez mayor inherencia en la industria farmacéutica, de los campos relacionados con el desarrollo de productos basados en la genética, el genoma humano, la biotecnología, la nanotecnología, la bioinformática y el manejo de imágenes. Esto, muy probablemente será la causa principal de fusiones y

⁴⁷ Así como un puñado de grandes empresas farmacéuticas (20) concentran más de la mitad del mercado mundial de productos farmacéuticos, también se observa una concentración a nivel de países de las exportaciones e importaciones mundiales. De este modo, según MEAE-FCEAURU (2011: 21-23) en 2008 las exportaciones ascendieron a 391 mil millones de dólares, de este monto más del 80% correspondieron a 10 países, la mayoría desarrollados, encabezados por Francia 8.3%, Estados Unidos 8.8%, Suiza 10.3%, Bélgica 12.5% y Alemania con 16.1%. En lo que se refiere a las importaciones que en 2008 alcanzaron los 399 mil millones de dólares, los 10 principales países (todos desarrollados) explican el 64% de las importaciones mundiales, están a la cabeza el Reino Unido con 5.1%, Francia 5.6%, Bélgica 10.7%, Alemania 11.2% y Estados Unidos 13.5%.

adquisiciones de empresas emergentes por las grandes farmacéuticas; entonces, se puede decir que hay una tendencia hacia la dominación de los grandes mercados (Norteamérica, Europa y el Este asiático) por unas pocas grandes farmacéuticas (Carvajal, 2005). Al reforzamiento de esta tendencia también pueden contribuir los acuerdos de cooperación tecnológica⁴⁸.

En fin, lo descrito en los párrafos anteriores se puede sintetizar en los términos siguientes: el nuevo conocimiento científico y tecnológico surgido del avance en los campos biotecnológicos dentro de las universidades y de los centros públicos de investigación, ha servido como base para la creación de muchas pequeñas firmas biofarmacéuticas, de las cuales algunas llegan a ser grandes empresas, en tanto que otras se mantienen pequeñas. Si las últimas desean producir y comercializar masivamente sus medicamentos, normalmente se vinculan con las grandes firmas farmacéuticas mediante acuerdos de cooperación tecnológica. Sin embargo, las ventajas iniciales de las pequeñas firmas en conocimiento poco a poco fueron internalizadas por las grandes firmas, a tal grado de que ahora estas empresas han comenzado a dominar todas las fases —desde la invención hasta la comercialización de nuevos fármacos—, manteniendo de nueva cuenta la hegemonía industrial global, que se asemeja más a una estructura industrial global oligopólica⁴⁹.

Por último y a pesar de la tendencia mundial registrada, no debe desdeñarse que las pequeñas firmas biotecnológicas jugaron un papel crucial en los inicios del sector biofarmacéutico. Asimismo, estas empresas siguen siendo semillero de ideas y de descubrimientos (manteniendo fuertes vínculos con las universidades y los centros públicos de investigación) que luego las grandes firmas farmacéuticas tradicionales escalan industrial y comercialmente.

⁴⁸ En los próximos años, se vislumbra la existencia de pocas grandes empresas farmacéuticas que se habrán consolidado como resultado de constantes fusiones, adquisiciones, y/o acuerdos (de colaboración) con otros laboratorios, universidades o centros de investigación (Carvajal, 2005: 32).

⁴⁹ Pero desde la perspectiva de Pattikawa (2008), lo que le otorga un carácter de industria concentrada a la farmacéutica es que en términos de los productos finales existe poca rivalidad en los mercados, aunado a los enormes gastos de publicidad y diferenciación de productos, así como diversas barreras de entrada que se registran (lealtad a las marcas conocidas, economías de escala, protección de patentes y cooptación pecuniaria de las nuevas entrantes).

2.4. ¿Son más competitivas las firmas biofarmacéuticas que cooperan tecnológicamente?

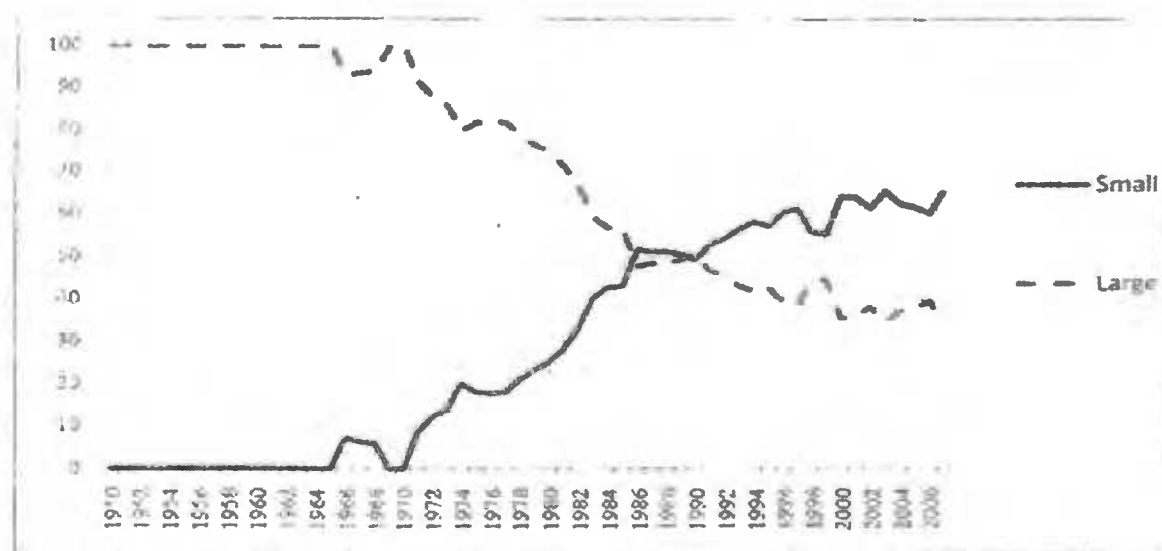
Desde mediados de los 1970 se observa claramente que la industria farmacéutica se ha venido reestructurando, al pasar de actividades centradas tradicionalmente en la química a las actividades ancladas en el campo emergente de la biotecnología, cuyos desarrollos, hasta cierto punto, sorprendieron a las firmas farmacéuticas ya establecidas que mantenían, en gran medida, integradas verticalmente las fases del proceso productivo, yendo desde la propia I&D hasta la comercialización de los nuevos productos. Pero, lo sorprendente también es que la emergencia y expansión de la biotecnología corrió pareja con el despegue de los acuerdos colaborativos en tecnología.

La relación que sigue la cooperación científica y tecnológica en el sector biofarmacéutico parece ser la siguiente:

- i) mediante la consolidación de las líneas de investigación relacionadas con la biotecnología en las universidades y en los centros públicos de investigación, se sentaron las bases para el surgimiento de muchas pequeñas firmas biotecnológicas vinculadas estrechamente con la ciencia académica, y de las cuales provenían muchos descubrimientos e innovaciones de producto (nuevos medicamentos). Este fenómeno puede concebirse como una colaboración tecnológica interinstitucional, donde participan las empresas y las universidades.
- ii) A pesar de que las pequeñas empresas han demostrado la capacidad para escalar industrialmente sus invenciones e innovaciones, sus limitaciones para la producción masiva y la distribución (comercialización) de sus nuevos productos, ha llevado a estas empresas intensivas en ciencia a buscar vínculos con las firmas farmacéuticas ya experimentadas.
- iii) Entonces, lo que en un principio parece ser un asunto de intensificación de la competencia por la aparición de nuevos competidores, termina siendo lo que se ha denominado como cooptación productiva, ya sea porque las grandes empresas compran o se fusionan con sus potenciales rivales, o sea porque se establecen acuerdos colaborativos que se asemejan más a lo que en el primer capítulo se define como cooperación tecnológica vertical, en el sentido de que las pequeñas empresas proveen de invenciones e innovaciones a las grandes empresas farmacéuticas, en tanto que éstas se encargan de industrializar y de comercializar esos nuevos descubrimientos. De este modo, nos encontramos ante una división del trabajo en el desarrollo científico y tecnológico de estas actividades.
- iv) Toda vez que las grandes empresas farmacéuticas han adquirido el *know how* biotecnológico de las pequeñas empresas, a través de la cooptación productiva o de las alianzas estratégicas; ahora, las propias grandes empresas están ante la posibilidad de generar muchas innovaciones, y también comienzan a explotar las potencialidades de la cooperación interinstitucional, pues cada vez se vinculan más y de manera directa con las universidades y los centros públicos de investigación.

Por lo anterior, la entrada temeraria de las grandes firmas farmacéuticas en el campo biotecnológico, de alguna manera muestra que se enfrentaban a algo que no era tan familiar, pero conforme la biotecnología ha ido avanzando, este tipo de empresas se ha embarcado en esa carrera. Asimismo, queda claro que para volver realidad las promesas de los nuevos descubrimientos, las grandes farmacéuticas debieron adquirir y desarrollar capacidades y habilidades para capitalizar (internalizar) los nuevos conocimientos. En otras palabras, una vez más se muestra que las externalidades positivas derivadas de un entorno rico en conocimiento no se pueden aprovechar de manera directa, para ello se requiere la formación de capacidades de absorción. Simultáneamente, las pequeñas firmas han ido aprendiendo a crecer y ser más competitivas en el mercado; de hecho, algunas grandes empresas biofarmacéuticas de la actualidad comenzaron siendo pequeñas.

Figura 5. Sector biofarmacéutico estadounidense: proporción porcentual de pequeñas y grandes empresas entre las empresas patentadoras



Nota: las empresas patentadoras son aquellas que han obtenido al menos una patente, en tanto que las pequeñas firmas tienen menos de 500 empleados y las grandes tienen 500 empleados o más.

Fuente: tomada y adaptada de Demirel y Mazzucato (2010: 6).

Si bien, en nuestros días, la biofarmacéutica es considerada una actividad intensiva en conocimientos científicos y tecnológicos, este estatus se ha conquistado en buena medida por la intensa colaboración interfirma e interinstitucional, esto a su vez ha conducido a esta industria a realizar fuertes inversiones en I&D cuyos resultados se ven reflejados en el incremento de las

publicaciones científicas colaborativas y en el crecimiento exponencial del patentamiento en las pequeñas empresas (véase figura 5). Tanto las publicaciones científicas como las dotaciones de patentes pueden considerarse como indicadores del aumento de las capacidades y habilidades científicas y tecnológicas en las empresas.

Dado que la biofarmacéutica es intensiva en ciencia, buena parte del nuevo conocimiento tiene amplias posibilidades de aplicaciones para la cura y el tratamiento de enfermedades ya existentes y de otras que van apareciendo, en un contexto de crecimiento poblacional en general, y de un mayor crecimiento de la población adulta y de edad avanzada. En efecto, la potencia del conocimiento de frontera y de la cooperación tecnológica se refleja en las altas tasas de crecimiento de la industria farmacéutica mundial en las últimas décadas. De acuerdo con un estudio de la Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República del Uruguay (MEAE-FCEAURU, 2011: 11), la industria farmacéutica mundial experimentó en los últimos años un crecimiento muy importante; la evolución de las ventas desde 1999 a 2008 arroja un incremento en su valor de más del 100%. La tasa de crecimiento promedio medida en forma lineal fue del 8.7% (véase cuadro 4). Dentro del mercado internacional la industria farmacéutica se encuentra dentro de los diez principales sectores exportadores de producción manufacturera, por lo que su peso en la economía mundial es de suma importancia.

*Cuadro 4. Industria farmacéutica en el mundo:
ventas en miles de millones de dólares y tasas de crecimiento⁵⁰*

Año	Ventas	Tasa de crecimiento
1999	331	11%
2000	356	11%
2001	393	11.8%
2002	429	9.2%
2003	499	10.2%
2004	560	7.9%
2005	605	7.2%
2006	648	6.8%
2007	715	6.6%
2008	773	4.8%

Fuente: elaborado con base en MEAE-FCEAURU (2011: 11).

⁵⁰ Las altas tasas de crecimiento de la industria farmacéutica se explican por el dinamismo de las economías del grupo BRIC; así, durante 2008 en China, Brasil, India y Rusia esta industria creció en 27%, 12%, 10% y 10%, respectivamente. En tanto que en las tres economías más desarrolladas del planeta; es decir, los Estados Unidos, Japón y Alemania, la industria apenas creció 1%, 3% y 5% en ese mismo orden (MEAE-FCEAURU, 2011: 15).

Y es que por medio de la cooperación tecnológica, las firmas biofarmacéuticas han logrado la disminución de los costos de transacción y producción que implican los proyectos científicos y tecnológicos; se han distribuido de mejor manera los riesgos y la incertidumbre respecto a los resultados de la investigación también se ha reducido; se ha dado una complementariedad entre los esfuerzos de I&D, los recursos financieros, las capacidades y habilidades poseídas por las empresas; también se registra complementariedad en las distintas fases del proceso productivo; la internalización de las externalidades positivas derivadas del conocimiento; e incluso, la cooptación de las potenciales empresas biofarmacéuticas competidoras.

En un estudio panorámico de la relación causal entre inversión en I&D y crecimiento de las firmas biofarmacéuticas estadounidenses, Demirel y Mazzucato (2010) concluyen que existe un impacto positivo de la I&D en el crecimiento de la empresa, pero éste está condicionado a la combinación de algunas características cruciales como el tamaño, el patentamiento y la persistencia en el patentamiento. En un periodo de más de 50 años, los autores observan que el impacto de la I&D en las ventas fue positivo para todas las firmas farmacéuticas; sin embargo, el mayor dinamismo se registró desde 1985. Asimismo, se encontró que para las grandes empresas, el patentamiento es el principal criterio que permite crecer mediante esfuerzos decididos en I&D.

Los mismos autores señalan que para el caso de las pequeñas empresas, parece más difícil lograr que la I&D conduzca al crecimiento: el patentamiento *per se* derivado de la I&D, no parece suficiente para impulsar el crecimiento de la firma, es crucial que las pequeñas empresas patenten de manera persistente, por lo menos 5 años de manera consecutiva para que las inversiones en ciencia y tecnología repercutan en el crecimiento de la firma. Así pues, las tasas de crecimiento de las grandes empresas y de las patentadoras persistentes, son mayores en comparación con las que no hacen mayores esfuerzos, como resultado de sus gastos en I&D.

De acuerdo con los resultados de este *survey*, para que las mayores inversiones en I&D se reflejen en un mayor crecimiento de las empresas biofarmacéuticas debe seguirse esta lógica: primero tienen que potencializarse los esfuerzos en I&D; segundo, esos mayores esfuerzos deben reflejarse en el registro de nuevas patentes y; finalmente, este patentamiento no debe ser intermitente o esporádico, las empresas (pequeñas) tienen que ser persistentes si desean que sus ventas sean impactadas por las innovaciones. La importancia del patentamiento se entiende

porque en el sector biofarmacéutico las mayores tasas de patentamiento aumentan la probabilidad de lograr la producción y comercialización de nuevos fármacos o medicamentos.

Como sea, la forma en que la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad impacta en un mayor crecimiento de las firmas biotecnológicas, puede entenderse mejor a partir de la siguiente explicación: primero, la colaboración tecnológica permite un ensanchamiento de las capacidades y habilidades de las firmas que participan en ella; acto seguido, las mayores capacidades se pueden ver reflejadas en la incorporación de nuevos productos o de nuevas técnicas de producción, por ejemplo, de la industria farmacéutica basada en la química tradicional se pasó a las técnicas de producción que aprovechan la biotecnología moderna. Por consiguiente, los nuevos medicamentos y los nuevos procesos de producción permiten aprovechar nuevos nichos de mercado, ejemplo, tratamientos novedosos para enfermedades existentes, o también nuevos fármacos para enfrentar las enfermedades de reciente aparición. Esta descripción de las secuencias conduce a pensar en que las empresas biofarmacéuticas que cooperan pueden tener un mejor desenvolvimiento en el mercado.

En tercer lugar, por medio de la introducción de innovaciones en el mercado (nuevos medicamentos o mejoramiento de los mismos, nuevos procesos productivos ligados a las técnicas biotecnológicas modernas), muchas de las cuales se cristalizan a través de la cooperación tecnológica, las firmas biofarmacéuticas que entran en esta dinámica logran diferenciarse tecnológicamente de sus rivales. Por ejemplo, en los mercados nacionales de los países en desarrollo con estrictos sistemas de protección de la propiedad intelectual, las empresas biofarmacéuticas transnacionales provenientes de los países desarrollados mantienen su hegemonía intelectual y tecnológica, obteniendo de esta manera los mayores beneficios en el mercado privado de medicamentos que permite el monopolio de las patentes.

Aunado a lo anterior, aunque muchas empresas imitadoras (productoras de biogénicos) estén a la expectativa del vencimiento de la vigencia de las patentes, en realidad, éstas deben realizar inversiones para lograr innovaciones de procesos, sin las cuales no se podrían aprovechar eficazmente las nuevas tecnologías disponibles.

Aunque las condiciones actuales del sector biofarmacéutico parecieran indicar una mayor competencia, ya sea de las nuevas pequeñas biofarmacéuticas o por la incursión de las productoras de biogénicos dada la expiración de muchas patentes biotecnológicas; la realidad es que por ser una industria intensiva en ciencia y tecnología, cuando las grandes farmacéuticas

tradicionales han visto amenazada su posición en la producción y en la comercialización, éstas se han embarcado en la carrera de la colaboración científica y tecnológica, y en las fusiones entre grandes conglomerados industriales o en las adquisiciones de pequeñas firmas biofarmacéuticas, lo suficientemente competitivas como para representar una amenaza a las grandes empresas farmacéuticas en caso de que las adquisiciones no prosperen.

Para reforzar el punto anterior, si retomamos las últimas dos columnas de la tabla 6, se observa que ocho de las empresas farmacéuticas más poderosas (en ventas) de la actualidad, ya sea del mundo o de los Estados Unidos (Roche, SmithKlineBeecham, Pfizer, Bristol-Myers Squibb, Glaxo Wellcome, Eli Lilly, Hoechst y Rhône-Polenc); en el periodo 1995-1999 se encontraban entre las primeras diez con el mayor número de acuerdos de cooperación tecnológica, y de manera simultánea varias de ellas eran producto de fusiones o adquisiciones previas; adicionalmente, para el 2008 algunas grandes firmas de esta lista de ocho ya se habían fusionado entre ellas, como ya se mencionó en el apartado anterior. Esta situación, sin más, parece indicar que existe una fuerte relación entre el dinamismo (crecimiento y fortaleza competitiva) de las gigantes biofarmacéuticas y sus estrategias de cooperación tecnológica con otras organizaciones, o también estrategias de cooptación productiva.

Recapitulando, tanto la literatura teórica como algunas evidencias empíricas disponibles confirman primero, una relación causal entre las mayores inversiones en I&D y un mejor desempeño productivo y competitivo de las empresas que las realizan⁵¹; segundo, si la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad permite potencializar las inversiones en I&D dentro del sector biofarmacéutico, entonces, este tipo de colaboración termina impactando positivamente en el nivel de producción y de las ventajas competitivas que logran las firmas biofarmacéuticas; y esto a la larga se ve reflejado en mayores tasas de crecimiento de las empresas vistas individualmente. Aunque, la estructura industrial actual de las actividades biofarmacéuticas tienda a una concentración oligopólica, parece corroborarse una relación nítida entre la estrecha colaboración científico-tecnológica interfirma e interinstitucional y las mayores ventajas competitivas de las empresas que entran en esta dinámica.

⁵¹ Cuando las actividades en I&D terminan convirtiéndose en una rutina más dentro de las empresas, la realización de invenciones o innovaciones no pueden considerarse como una casualidad (esporádica o intermitente) que termina diluyéndose en los pasillos de las firmas; por lo tanto, las rutinas estabilizadas en I&D darán como fruto una producción continua de patentes que *a posteriori* se transformarán en nuevos medicamentos o en técnicas revolucionarias de producción. Así pues, lo que ahora se observa en el sector biofarmacéutico es que las empresas han rutinizado sus actividades de investigación científica y tecnológica.

Reflexiones finales del capítulo

En las páginas previas de este capítulo se hizo un esfuerzo para identificar las principales características de las firmas del sector biofarmacéutico global, y reflexionar sobre la necesidad que tienen estas empresas de cooperar tecnológicamente en un ambiente de economía y sociedad del conocimiento. Veamos, enseguida, cuáles son los aspectos más relevantes.

En la industria farmacéutica de la actualidad, las técnicas convencionales utilizadas para la producción de medicamentos basadas en la química tradicional, se han ido desplazando poco a poco por técnicas inspiradas en la biotecnología moderna; no obstante, esta retroalimentación del conocimiento tecnológico parece ser secuenciada, pues las empresas farmacéuticas se auxilian principalmente en las invenciones e innovaciones provenientes de las pequeñas empresas biotecnológicas, pero éstas a su vez se desempeñan manteniendo vínculos colaborativos estrechos con las universidades y los centros públicos de investigación. Esta es una primera aproximación para establecer que la biofarmacéutica es una actividad económico-industrial intensiva en conocimiento científico y tecnológico.

Sin embargo, el sector biofarmacéutico puede delimitarse de manera más clara rescatando algunos hechos fundamentales: primero, la biotecnología moderna se encuentra muy vinculada a la industria farmacéutica, por lo que hasta podrían tomarse como sinónimos; segundo, los nuevos horizontes de investigación abiertos por las disciplinas que se sintetizan en la biotecnología, hacen que las firmas biofarmacéuticas se mantengan muy cercanas con la academia, potencializando en un inicio la colaboración interfirma y luego la realizada entre las empresas y las universidades; en tercer lugar, a medida que se consolida un auténtico sector biofarmacéutico, de nueva cuenta, comienzan a predominar las grandes empresas; por último, nos encontramos en un momento en el que comienzan a expirar las primeras patentes explotadas industrialmente lo que genera nuevas oportunidades para que otras empresas produzcan medicamentos genéricos con base en las técnicas biotecnológicas modernas.

Como los acuerdos de colaboración tecnológica interfirma y empresa-universidad se observan, sobre todo en las industrias de alta tecnología (como la farmacéutica) en las que es necesaria la introducción continua de innovaciones en productos y en procesos, sólo así las empresas tendrán una probabilidad más alta de mantenerse y ser más competitivas en el mercado. Así pues, ante las exigencias de innovación constante, las firmas biofarmacéuticas tienen que

colaborar entre ellas y con las instituciones del conocimiento porque de otra forma no podrán desarrollar las capacidades-habilidades suficientes y necesarias para seguir participando en el mercado.

Por otro lado, el nuevo conocimiento proveniente del avance en los campos biotecnológicos dentro de las universidades sirve como plataforma para la creación de muchas pequeñas firmas biofarmacéuticas, de las cuales algunas han logrado convertirse en grandes, en tanto que otras siguen siendo pequeñas. Si estas últimas desean llegar hasta la comercialización de sus productos, se vinculan con las grandes firmas farmacéuticas mediante acuerdos de cooperación tecnológica. Aunque, las tempranas ventajas de las pequeñas firmas fueron internalizadas gradualmente por las grandes firmas, así que ahora estas empresas empiezan a dominar todas las fases del proceso productivo, recuperando la hegemonía industrial global. En efecto, conforme esta tendencia se va perpetuando existe la amenaza latente de que este sector registre una concentración de mercado cada vez mayor o se consolide una estructura oligopólica.

Pero no debe pasarse por alto que las pequeñas firmas biotecnológicas jugaron un papel central en el nacimiento del sector biofarmacéutico. Además, estas empresas siguen aportando muchas ideas y descubrimientos que luego las grandes firmas capitalizan industrial y comercialmente.

Además, tanto en términos teóricos como empíricamente se confirma una relación causal entre las mayores inversiones en investigación científica y tecnológica, y un mejor desempeño productivo y competitivo de las empresas que las realizan; adicionalmente, si la cooperación tecnológica permite potencializar las inversiones en I&D dentro del sector biofarmacéutico, en efecto, este tipo de colaboración impacta positivamente en el nivel de producción y de las ventajas competitivas que logran las firmas biofarmacéuticas; y esto posteriormente se traduce en tasas más elevadas de crecimiento para las empresas.

Finalmente, se aclara que los datos utilizados para el análisis se refieren, esencialmente, a la industria farmacéutica global; sin embargo, en ésta existen varias empresas que desarrollan actividades biotecnológicas modernas y cada vez más firmas se embarcan en esta carrera, siendo de esta manera muy borrosa la frontera entre lo que es netamente farmacéutico y lo que es biotecnológico, por lo que pueden ser válidas algunas imprecisiones en la información.

CAPÍTULO III

EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO EN MÉXICO

El objetivo de este capítulo es analizar las principales características económicas que poseen las empresas farmacéuticas establecidas en México. Estas propiedades definirán los antecedentes económicos detrás de la naturaleza de las actividades relacionadas con el conocimiento científico y tecnológico de este importante sector económico en nuestro país.

El capítulo está organizado en dos secciones y en las reflexiones finales respectivas. En la primera se da un esbozo general de cómo se encuentra la estructura industrial y la concentración de mercado en este sector económico. Específicamente, se reflexiona sobre la supremacía productiva y comercial de las grandes firmas biofarmacéuticas transnacionales en el mercado interno. También, en la segunda parte de esta sección, se analiza el papel que podría tener la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad para mitigar la excesiva concentración de mercado que se registra en el sector biofarmacéutico.

La segunda sección aborda el comportamiento, observado en los últimos años, de tres de los indicadores tecnológicos fundamentales del sector biofarmacéutico en México, se trata de los esfuerzos en I&D, de la actividad del patentamiento y de la transferencia de tecnología llevada a cabo por las empresas establecidas en este país. En los tres indicadores referidos se registra un pobre desempeño, las inversiones en I&D se caracterizan por ser muy bajas en el sector, ya que éste se encuentra dominado por las empresas transnacionales que realizan tales actividades en sus países de origen; asimismo, en el rubro del patentamiento se observa una altísima concentración a favor también de las grandes farmacéuticas transnacionales; por último, en cuanto a la transferencia de tecnología, no se observa una auténtica asimilación del *know how* por parte de las firmas nacionales.

3.1. Estructura industrial y concentración de mercado

Las firmas biofarmacéuticas establecidas en México, de alguna manera son un reflejo de lo que sucede con este sector productivo a escala global, pues el mercado doméstico está dominado por los mismos laboratorios transnacionales⁵² que mantienen una alta concentración del mercado

⁵² En América Latina, la oferta de medicamentos está dominada por los laboratorios estadounidenses y europeos. De este modo, el 37.5% de las ventas corresponde a sólo 10 multinacionales, de las cuales sólo una es latinoamericana;

mundial, en tanto que los nacionales se especializan fundamentalmente en la producción de genéricos cuyos precios corrientes se mantienen muy por debajo de los precios de los fármacos de última generación (medicamentos de patente).

La industria farmacéutica en México tiene una elevada concentración de mercado, en la cual las firmas extranjeras acaparan el 68% del mercado total. Dentro de las 10 compañías más grandes, sólo una es de capital nacional (Laboratorios Senosiain), la mitad son procedentes de Estados Unidos, y las otras cuatro tienen su origen en Europa Occidental. Asimismo, las 35 firmas que encabezan la lista de laboratorios en el mercado mexicano concentran hasta el 80% de las ventas totales, de éstas sólo 6 son de capital nacional⁵³. En cuanto al tipo de medicamentos que se comercializan, las medicinas de patente (producidas sobre todo por las multinacionales) representan hasta el 87% del valor total de las ventas, los genéricos intercambiables el 2.7% y los genéricos similares alcanzan hasta una décima parte de las ventas totales (Guzmán, 2011).

La situación actual del sector biofarmacéutico en México es una consecuencia de un modelo económico que se colapsó a principios de los 1980 (modelo de industrialización por sustitución de importaciones-MISI), y al mismo tiempo de un modelo que ha hecho caso omiso de una política industrial. Las causas fundamentales del fracaso del MISI fueron, por un lado, la falta de financiamiento del sector productivo por el ahorro interno que se sustituyó con el crecimiento exponencial de la deuda externa a finales de los 1970 y a principios de los 1980; pero, también se relaciona con la incapacidad de la economía mexicana para profundizar la tercera etapa del MISI (sustitución de la importación de bienes de capital y de bienes tecnológicos). Como se mencionó en el capítulo anterior, el sector biofarmacéutico es una actividad intensiva en conocimientos (en producción de bienes tecnológicos); por lo tanto, en estricto sentido, la política del MISI impactó poco a las actividades biofarmacéuticas.

Sin embargo, las reformas económicas que se llevaron a cabo desde mediados de los 1980, poco han ayudado para la construcción de un sector biofarmacéutico auténticamente nacional, las políticas de apertura comercial, de desregulación sectorial y de reconocimiento

además, por el origen del capital de los laboratorios, únicamente, el 12% de éstos son de capital nacional en México, en tanto que en Brasil, por ejemplo, 25% de los laboratorios son de capital local (MEAE-FCEAURU, 2011: 28-29).

⁵³ Esto se enmarca en la situación de la industria farmacéutica de América Latina que se caracteriza por: a) una fuerte presencia de transnacionales, asentadas en la región como subsidiarias; b) un alto componente importado de las materias primas que conforman los insumos utilizados, provenientes principalmente de los países industrializados; c) elevados pagos al exterior por concepto de regalías y; d) gastos en I&D muy bajos en comparación a los países industrializados (MEAE-FCEAURU, 2011: 24).

pleno de los derechos de propiedad intelectual –cristalizadas principalmente en la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994– han perpetuado la concentración industrial en México; y el Estado-gobierno se ha deslindado de la necesidad de una política industrial, por lo que se ha observado una desindustrialización (destrucción de los encadenamientos productivos) que alcanza al sector biofarmacéutico.

Un cambio importante que ha contribuido a la profundización en el rompimiento de los encadenamientos productivos en la industria farmacéutica, desde la perspectiva de Guzmán (2011), fue la cancelación (desde mediados de 2009) del “requerimiento de planta” como una condición para la introducción de medicamentos al mercado mexicano. La Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) tomó esta medida cuando el país estaba clasificado como uno de los mercados donde los precios de los antirretrovirales del VIH se ubicaban entre los más altos del mundo. La intención del gobierno mexicano era que se introdujeran medicamentos más baratos al mercado interno, aún a costa de aumentar las importaciones. Si bien esta nueva regulación favoreció el acceso a medicinas más baratas, también contribuyó a profundizar la desindustrialización de este sector, reduciendo los *spillovers* del conocimiento tecnológico de las multinacionales y reduciendo el empleo.

La desindustrialización se viene observando desde los 1990, aunque hasta antes de los 1980, las firmas transnacionales ya eran muy propensas a establecer redes entre las matrices y las filiales, desde inicios de los ochenta se agregaron:

“una serie de conexiones a partir de movimientos financieros de intangibles (patentes, regalías, asistencia técnica, modelos, licencias y franquicias) que amplifican la presencia del capital transnacional en las distintas regiones del mundo, a la vez que disminuyen el riesgo de la inversión directa. En los últimos años [finales de los 1990] afluó una nueva tendencia de actuación de las transnacionales en el campo productivo. En algunos casos, las empresas matrices adquirieron la parte de sus socios nacionales, pasando a controlar directamente las empresas locales. Más aún, muchas grandes empresas concretaron alianzas estratégicas entre ellas, así como fusiones y compras, hostiles o consensuadas, de otras empresas de su rubro de actividad. Nacen así grandes conglomerados oligopólicos, con empresas... de distintos países que se reagrupan para competir a nivel supranacional” (CEPAL, 2001: 18-19).

De hecho, Guerrero y Gutiérrez (2011: 94) consideran que la industria farmacéutica mexicana es otra perdedora del TLCAN debido a que disminuyó su crecimiento potencial y por ende sus posibilidades de generar empleos y, también se redujo su velocidad de reacción frente a

diversas enfermedades que aquejan al país, tanto por motivos de transición epidemiológica como por la aparición de epidemias desconocidas⁵⁴ y de otras cuya probabilidad de retorno es positiva.

Sin embargo, en términos nominales, este sector industrial se ubica entre los 10 mayores del mundo (Guzmán y Guzmán, 2009; CANIFARMA, 2012). Después de Brasil (37%), representa el segundo mercado latinoamericano (25%) y el primero con mayores exportaciones (30%) de esta región del mundo (MEAE-FCEAURU, 2011).

De acuerdo con datos de la Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica (CANIFARMA), la industria farmacéutica en México está conformada por 173 laboratorios que representan más del 90% del PIB farmacéutico. Asimismo, la participación de esta industria en el PIB manufacturero es de 7.8%, y en el PIB total es de 1.3% equivalente a un valor de mercado de 163,000 millones de pesos. El mercado privado consume el 56% de las unidades comercializadas con un valor del 79% del total, mientras que el sector público consume el 44% de las unidades con un valor aproximado al 21% del total. En cuanto al empleo, este sector genera más de 78,500 empleos directos con remuneraciones que en promedio son dos veces más altas que las del sector industrial en general, aunque a esta industria se vinculan otros 330,000 empleos indirectos (CANIFARMA, 2012).

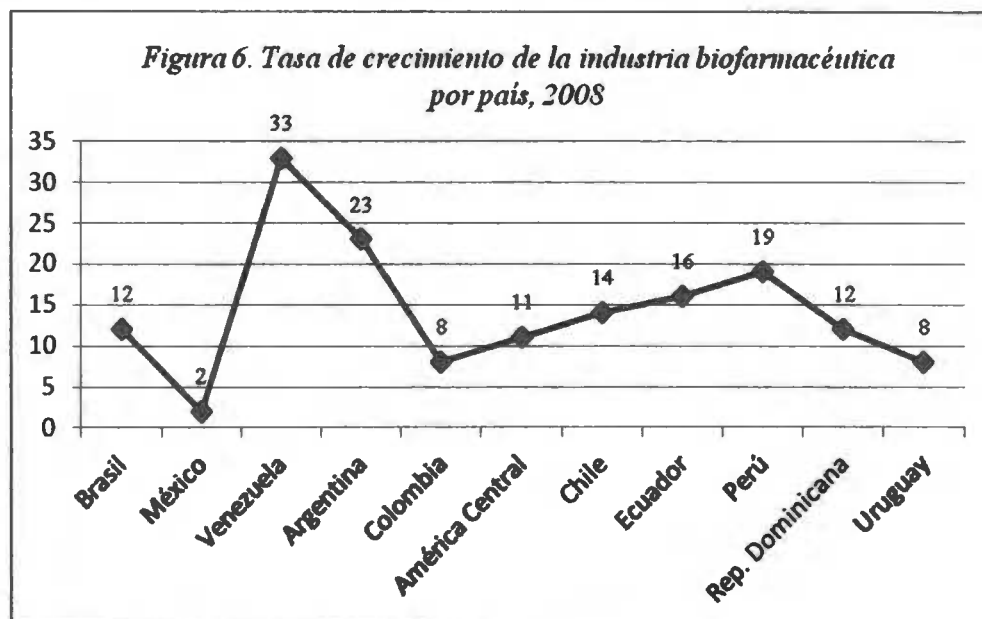
Adicionalmente, de acuerdo con los censos económicos de 2009, la industria farmacéutica se encuentra dentro de las 10 clases de actividad económica más importantes según la producción bruta total, representó el 0.6% de los activos fijos y el 0.4% del personal ocupado total (INEGI, 2010: 18).

Si bien, los datos precedentes denotan una industria pujante⁵⁵, la realidad es que la actividad farmacéutica no es ajena al desempeño general de la economía mexicana. De este modo, en el ámbito latinoamericano, en 2008 esta industria registró la menor tasa de crecimiento (2%) dentro de un grupo de países seleccionados (véase figura 6), mientras que el crecimiento promedio registrado en América Latina alcanzó el 13%, y en el mundo fue de 4.8%. Al respecto, cabe recordar que 2008 fue el primer año de la crisis financiera mundial con epicentro en Estados

⁵⁴ Aunque la Ley de Fomento y Protección de la Propiedad Intelectual contempla el uso de licencias obligatorias para otros laboratorios y fabricar, de esa manera, copias genéricas de las medicinas de patente en caso de emergencia sanitaria; en la realidad mexicana no se ha utilizado este mecanismo a pesar de importantes crisis de salud, por ejemplo, para combatir el virus de la influenza AH1N1 en 2009 el gobierno podría haber promovido la producción del ozeltamivir genérico en laboratorios públicos o privados mediante la licencia obligatoria. Sin embargo, en los últimos 20 años, en México no se ha distribuido una licencia obligatoria (Guzmán, 2011: 121-122).

⁵⁵ En el periodo 1994-2006, el mercado farmacéutico mexicano registró una tasa de crecimiento anual por encima del 10% (datos de CANIFARMA, citados por Guzmán, 2011: 114).

Unidos, y la tasa de crecimiento de la industria farmacéutica en México, está muy vinculada a la que esta industria registra en aquel país por la estrecha dependencia de los ciclos económicos.



Fuente: elaborada con base en MEAE-FCEAURU (2011: 26).

En suma, algunos datos sobresalientes de la industria farmacéutica de México es que su tamaño se encuentra entre las 10 mayores del mundo, y a nivel de América Latina, el país se encuentra en segundo lugar por las dimensiones del mercado doméstico, pero por su participación en las exportaciones realizadas por la región, pasa al primer lugar. Además, respecto a la estructura interna de la economía, la industria farmacéutica se ubica entre las 10 clases de actividad más importantes, su participación en el PIB manufacturero equivale al 7.8% y a 1.3% del total, con lo cual más de 400 mil empleos se relacionan, directa o indirectamente, con las actividades biofarmacéuticas.

No obstante los datos anteriores, la actividad biofarmacéutica en México se encuentra ampliamente dominada por las firmas transnacionales que se han convertido en auténticos conglomerados industriales oligopólicos, que si bien son poderosas empresas exportadoras, la mayor parte de sus productos comercializados, tanto en el interior como en el exterior, contienen un elevado componente de importación, lo que ha dado lugar a una desvinculación casi total con las actividades de las pequeñas y medianas firmas nacionales, ocasionando lo que se denomina como un proceso de desindustrialización o de destrucción de los encadenamientos productivos. Con esta preocupación en mente, en las siguientes líneas se realiza un análisis más detallado.

3.1.1. Dominio productivo y comercial de las firmas farmacéuticas transnacionales

En esta parte, vamos a concentrarnos en rescatar algunas evidencias empíricas que vinculan las estrategias comerciales aplicadas por las empresas biofarmacéuticas establecidas en México, con las políticas macroeconómicas del modelo imperante. Cabe aclarar que una de las medidas del actual modelo fue la apertura comercial que ha llevado a convertir al país en una de las economías más abiertas del mundo; y si bien México es el principal exportador de productos farmacéuticos en América Latina, esas exportaciones tienen un altísimo contenido importado; pareciera entonces que las actividades en México se asemejan más que nada a una economía maquiladora. No obstante, a pesar de ser el país exportador número uno de esta región del mundo, de todas maneras somos ampliamente deficitarios en la balanza comercial de la industria farmacéutica (véase cuadro 5).

*Cuadro 5. México: balanza comercial de la industria farmacéutica
(millones de dólares)*

Exportaciones						
Rubro/Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Medicamentos	911	1,144	1,119	1,076	1,146	1,107
Dispositivos médicos	1,143	1,236	1,516	1,596	1,870	2,236
Reactivos de diagnóstico	17	30	25	35	29	34
Total	2,071	2,410	2,660	2,707	3,045	3,377
Importaciones						
Rubro/Año	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Medicamentos	1,677	2,045	2,272	2,845	3,196	3,835
Dispositivos médicos	523	664	916	936	970	1,122
Reactivos de diagnóstico	113	132	140	179	207	237
Total	2,313	2,841	3,329	3,960	4,373	5,194
Saldo comercial						
Medicamentos	-766	-901	-1,153	-1,769	-2,050	-2,728
Total	-242	-431	-669	-1,253	-1,328	-1,817

Fuente: elaboración con base en datos de CANIFARMA (2012).

Pues bien como se observa en el cuadro, nuestro país es y ha sido importador neto de medicamentos y de reactivos de diagnóstico, tan sólo en poco más de un lustro, el saldo deficitario total de la balanza comercial farmacéutica se multiplicó por 7.5⁵⁶, aún y con una

⁵⁶ Al respecto y de acuerdo a cálculos realizados por Guerrero y Gutiérrez (2011), la balanza comercial de productos finales de la industria farmacéutica mexicana pasó de registrar, prácticamente, un equilibrio en 1990 a tener un déficit muy cercano a los dos mil millones de dólares. Si se desea profundizar en el tema, se sugiere revisar, especialmente, las páginas 97-102 del trabajo referido.

tendencia de crecimiento exponencial de las exportaciones que se viene observando desde principios de los 1990.

En efecto, se observa un crecimiento acelerado, tanto de las exportaciones como de las importaciones de productos farmacéuticos de consumo final a partir de 1992, lo que se convirtió en una profundización del déficit comercial⁵⁷ de dicha actividad. Ante esto, es preciso reconocer que el problema no existía entre 1983 y 1989, en virtud de que la legislación previa a los ADPIC (Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio) y al TLCAN facultaba a la industria farmacéutica recurrir a la imitación. Así pues, la aceptación de los ADPIC, como requisito para la firma del TLCAN, colocó una camisa de fuerza a la industria farmacéutica mexicana que la llevó en pocos años a una situación de dependencia sin precedentes (Guerrero y Gutiérrez, 2011: 99).

Aunque el concepto de enclave ya no es tan mencionado en el análisis del desempeño de muchas economías de los países en desarrollo, conviene rescatarlo y contextualizarlo con lo que sucede en la industria farmacéutica establecida en México, a partir de la siguiente cita:

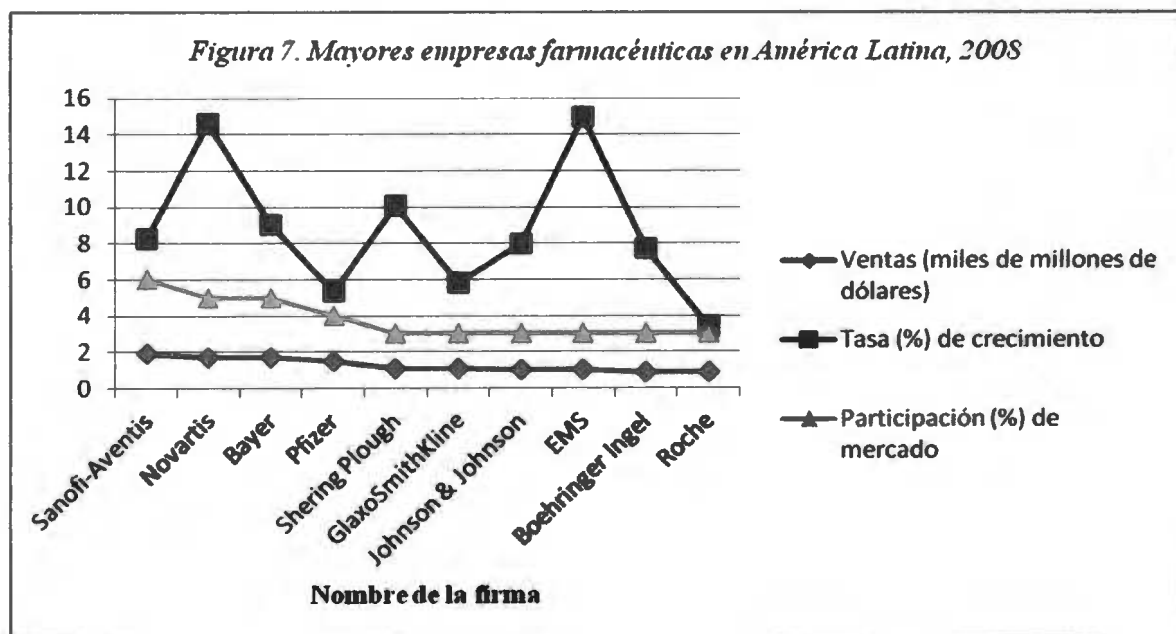
“descontando el petróleo, la agricultura y algunas industrias, sobre todo pesadas (cemento, siderurgia, petroquímica, vidrio y algunas agroindustrias), el sector exportador se ha convertido cada vez más... en una economía de enclave desarticulada del resto de la economía nacional, al crecer vertiginosamente el componente importado de la producción y exportación manufacturera, desplazando componentes nacionales. Así, se ha provocado la pérdida de eslabones completos de las cadenas productivas, afectadas por la desustitución de importaciones de bienes intermedios e incluso de bienes de capital” (Calva, 2001: 59).

Al final de cuentas, este desempeño en el comercio internacional de la industria farmacéutica mexicana, también se explica por el intenso comercio intraindustrial que se lleva a cabo entre las matrices y las filiales de las firmas transnacionales. En este sentido, Guerrero y Gutiérrez (2011: 101-105) sostienen que este tipo de comercio es horizontalmente diferenciado, pues se realiza con base a la competencia en precio entre empresas de diferentes países (compiten productos de calidad similar y no se observa integración en los procesos productivos de éstos en la industria). En consecuencia, se observa que las empresas transnacionales de la industria farmacéutica recurren en menor medida a los insumos provenientes del país que a los que

⁵⁷ La balanza comercial negativa en los medicamentos se incrementó a una tasa promedio anual de 22% en el periodo 2005-2009 debido a que las importaciones crecieron más rápido que las exportaciones. Esta tendencia de la balanza comercial refleja la creciente dependencia tecnológica externa del sector farmacéutico mexicano. Así, mientras en 2005 la producción nacional cubría el 90% del consumo nacional de medicinas, en 2009 esta cobertura descendió al 80% (Guzmán, 2011: 120).

producen en su propio país o en sus filiales en otras naciones. Entonces, quedan fuera las posibilidades de diferenciación de habilidades productivas nacionales (vía integración de cadenas productivas globales o vía una mayor competitividad tecnológica de la industria mexicana); y ésta parece ser una estrategia productivo-comercial que beneficia ampliamente a las transnacionales estadounidenses y europeas.

Si las transnacionales biofarmacéuticas mantienen un amplio dominio, tanto productivo como comercial en el país, no es extraño que el grueso de las exportaciones sean realizadas por estas empresas que se han establecido en el país, sin que ello implique alguna profundización de los vínculos productivos con las pocas firmas nacionales. Al respecto, si consideramos que México es el segundo mercado más grande de América Latina, de acuerdo con datos de MEAE-FCEAURU (2011: 28), 10 empresas transnacionales concentran poco menos del 40% del mercado, tanto en Brasil como en México (véase figura 7). En efecto, Guzmán (2011) señala que en México la industria farmacéutica al estar altamente concentrada, más de tres cuartas partes del mercado corresponden a las firmas de capital extranjero.



Fuente: elaborada con base en MEAE-FCEAURU (2011: 28).

Como se observa en la gráfica, el 80% de las principales biofarmacéuticas transnacionales tienen ventas anuales por mil o más de mil millones de dólares, con Sanofi-Aventis alcanzando casi los dos mil millones. En cuanto al crecimiento registrado por estas empresas en

Latinoamérica, la mayoría se mantiene por arriba del 5%, siendo los casos más notorios los de Norvartis y EMS con 14.6% y 15%, respectivamente. En conjunto, las 10 empresas establecidas en América Latina que son más poderosas, en 2008 lograron ventas por casi 13 mil millones de dólares; asimismo, tuvieron una tasa promedio de crecimiento de 9% y, una participación de mercado de poco menos del 40%.

Para el caso específico de México, las 10 empresas biofarmacéuticas líderes concentran más del 30% de las ventas en el sector privado y nueve de ellas son transnacionales, de las que destacan: Pfizer, Bayer, Boehringer-Ingelheim, Novartis, Astra Zeneca, Merck Sharp & Dhome, y Procter & Gamble. Del *top ten*, sólo es parte la empresa de capital nacional Laboratorios Senosiain (Guzmán y Guzmán, 2009: 163).

Una consecuencia inmediata de la elevada concentración de mercado que mantienen estas grandes transnacionales es el precio final de los medicamentos que se ofrecen en los distintos países latinoamericanos. De este modo, en 2008 México registró los precios promedio más altos de la región, llegando hasta los 10.6 dólares por unidad vendida, más del doble de los precios observados en Uruguay que se ubicaron en 4.05 dólares (MEAE-FCEAURU, 2011: 32).

Quizá, en el ámbito latinoamericano, no se encuentre otro país como México en el que se hayan hecho tantos cambios, a las regulaciones, durante la década de los 1990, que han impactado favorablemente en las expectativas de negocios de los grandes laboratorios transnacionales en el sector biofarmacéutico, y en detrimento de las posibilidades productivas y comerciales de las pequeñas y medianas empresas nacionales, de por sí pobres en capacidades y habilidades tecnológicas.

Recapitulando, por su desvinculación con el resto de las actividades industriales y con las pequeñas y medianas empresas nacionales, las grandes firmas biofarmacéuticas establecidas en México parece que se desenvuelven en un contexto de economía de maquila o al menos de enclave, en la que se registra un déficit comercial industrial continuo y creciente, y que se hizo más notorio desde principios de los 1990 cuando se reconocieron plenamente los derechos de propiedad intelectual, y luego con la formalización del TLCAN. De este modo, la industria farmacéutica se ha hecho cada vez más dependiente de los ciclos económicos de los Estados Unidos, tal dependencia se ha potencializado por un comercio intraindustrial creciente y por la supremacía de las firmas transnacionales que, de hecho, mantienen una hegemonía global.

3.1.2. ¿Cómo podría mitigarse la concentración de mercado en el sector biofarmacéutico?

La cada vez mayor presencia de acuerdos colaborativos, sobre todo entre empresas biofarmacéuticas y universidades⁵⁸ ha generado expectativas sobre la posibilidad de alcanzar mercados más competitivos, en la medida en que a través de la creación de nuevas empresas o el fortalecimiento de las pequeñas existentes se puedan mitigar los efectos negativos de los oligopolios y los monopolios. Eso en principio parece una percepción correcta, pero es a la vez una condición insuficiente debido a que las empresas para beneficiarse de la ciencia deben desarrollar capacidades previas y para empujar esas capacidades se requiere hacer inversiones importantes para el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico al interior de la firma.

En tal situación, las empresas que tendrían mayores posibilidades de hacer inversiones importantes y de, por lo tanto, alcanzar más capacidades y habilidades para el manejo del conocimiento serían las grandes (Merritt, 2007). Evidentemente, aquí se presenta un problema mayor, pues probablemente la cooperación tecnológica lejos de alentar mercados más competitivos podría propiciar una estructura oligopólica o monopólica en el sector biofarmacéutico aún más profunda. Esta tendencia parece corroborarse al analizar la estructura industrial global (capítulo 2) y nacional.

El riesgo se incrementa para las economías en desarrollo donde tradicionalmente la competencia es menos intensa; entonces, para que la colaboración sirva como una estrategia para lograr mayores niveles de competitividad en la biofarmacéutica debe evitarse o mitigarse el hecho de que las grandes empresas sean las más beneficiadas con las políticas de vinculación.

La experiencia mexicana es ilustrativa, ya que los incentivos fiscales gubernamentales para las firmas que realizan innovaciones han beneficiado en mayor medida a las grandes empresas, la mayoría de ellas pueden considerarse como parte de estructuras oligopólicas o simplemente monopolios; por lo tanto, los beneficios para el consumidor han sido insignificantes y las pequeñas empresas han quedado al margen. El trabajo de Merritt (2007: 156) proporciona más evidencias empíricas al encontrar, en un estudio para México, que la vinculación entre Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico con el sector productivo tiene una relación positiva y creciente entre el tamaño de los clientes y su nivel de desarrollo tecnológico.

⁵⁸ Cabe recordar que la industria farmacéutica de hoy (estrechamente vinculada con la biotecnología) es una actividad muy relacionada con la ciencia; por lo tanto, en esta industria se observa mucha colaboración entre las pequeñas firmas biofarmacéuticas y los centros de investigación de las universidades.

Una alternativa viable podría ser la estrategia de selectividad empresarial; en este sentido, a medida que las universidades se han involucrado más en la transferencia de tecnología, de manera creciente, un mecanismo común de transferencia es licenciar la tecnología a una empresa biofarma *start-up* en vez de a una gran empresa ya establecida. En este sentido, a pesar de los riesgos de la transferencia de tecnología en general y de la estrategia de licenciamiento a las *start-ups* y otras pequeñas firmas en particular, el entusiasmo de las universidades por este mecanismo continúa creciendo⁵⁹ (Powers y McDougall, 2005: 1028-1029).

Además, existe el riesgo de que a medida que se intensifica la colaboración empresa-universidad, se incremente la proporción de la investigación biofarma aplicada respecto a la básica. Algunos investigadores han abordado el problema sin llegar a resultados concluyentes, aunque con frecuencia se sugiere que no hay mayor riesgo (Blumenthal et al., 1986; Mowery et al., 1998; Breschi et al., 2005; Lissoni y Montobbio, 2008). Sin embargo, se puede establecer que a medida que aumenta la investigación básica mayor será el potencial que esta organización podrá ofrecer al sector biofarmacéutico y a la sociedad. De este modo, un desplazamiento de la investigación básica por la aplicada *a posteriori* significará probablemente menos conocimiento de frontera realmente valioso para las empresas biofarmacéuticas.

La trayectoria que han seguido las universidades estadounidenses y algunas europeas parece corroborar esta hipótesis, pues aunque su vinculación se ha hecho más intensa desde los 1980, ello no ha implicado el desplazamiento de lo básico por lo aplicado, ambos tipos de investigación han avanzado de manera simultánea (Etzkowitz et al., 2000). Sin embargo, la situación para el mundo en desarrollo, y para México en particular, se torna muy diferente:

- i) en la mayoría de sus universidades el presupuesto para el financiamiento de la investigación básica es muy reducido;
- ii) los principales esfuerzos de las universidades en estos países va en el sentido de asimilar y adoptar los avances de la ciencia básica que se dan en los países desarrollados; en

⁵⁹ Las universidades que procuran establecer compañías en un ambiente emprendedor débil, por ejemplo, pueden beneficiarse en mayor medida siendo altamente selectivas en la decisión de qué tecnologías licenciar vía *start-ups* o pequeñas empresas y dando al mismo tiempo soporte a las firmas licenciantes en consultoría, gestión, financiamiento y por supuesto, la transferencia tecnológica, debido a que este tipo de recursos no están disponibles en el ambiente externo y existen pocas empresas con las cuales conectarse, las universidades por sí mismas necesitan asumir este papel. En un estudio empírico para Estados Unidos, los autores corroboran sus hipótesis. Sin embargo, aclaran que estas implicaciones son válidas sólo para las universidades públicas, pues los resultados confirman que éstas en ambientes empresarialmente débiles obtienen mayores ventajas persiguiendo una selectividad más rigurosa, mientras que las universidades públicas en ambientes empresarialmente fuertes, comúnmente, obtienen mayores ventajas aplicando una estrategia menos selectiva (Powers y McDougall, 2005: 1031, 1036-1037). Evidentemente, otros resultados pueden esperarse para las universidades privadas.

- efecto, la función principal de la investigación es primero entender y luego aplicar el conocimiento de otros lados;
- iii) existe una gran presión gubernamental y empresarial para que los centros de investigación y de enseñanza generen, por un lado, conocimiento útil para resolver los problemas productivos y, por el otro, formen recursos humanos, esencialmente, demandados por el mercado.
 - iv) el capital de riesgo necesario para financiar proyectos con alto grado de incertidumbre está ausente o es casi insignificante.

Por lo anterior, existe el riesgo potencial de que la cooperación tecnológica empresa-universidad provoque el surgimiento de una función de maquila industrial en las universidades aportando, en todo caso, algunas innovaciones incrementales pero sobre todo servicios complementarios a la producción que poco aportan a las funciones que ya realizan las universidades.

Si se pretende un esquema exitoso de colaboración se tienen que tomar decisiones para incrementar las inversiones en investigación básica porque de lo contrario, ¿qué podrían ofrecer las universidades sin aportar algo nuevo? Adicionalmente, se requiere el desarrollo de un sistema financiero que aporte los recursos necesarios para financiar proyectos de alto riesgo que podrían dar origen a nuevas firmas biofarmacéuticas intensivas en conocimiento.

Por otro lado, también es una condición necesaria que el sistema productivo asuma como importante para sus procesos al conocimiento avanzado, esto se relaciona con la promoción y el impulso de los sectores industriales más estrechamente relacionados con el conocimiento, como el desarrollo de un sector biofarmacéutico nacional. Si esta condición no se cumple serviría de muy poco que las universidades estuvieran desarrollando nuevos productos y procesos para las empresas de este sector.

A pesar de los problemas que se han planteado en las líneas anteriores, existen tres alternativas que podrían explotar los agentes a partir de las universidades:

- i) el desarrollo de mercados complementarios;
- ii) la asistencia hasta su consolidación de los nuevos emprendimientos científicos y tecnológicos de las universidades;
- iii) la asistencia también de las nuevas empresas que se desprenden de las tradicionales.

En el primer caso, dado que se trata de nuevos productos y procesos, es común que las nuevas empresas biofarma no tengan asegurada una cuota de mercado; por lo tanto, la

intervención de un tercer agente como el gobierno⁶⁰ podría ayudar a la consolidación de las nuevas pequeñas empresas a través de las compras gubernamentales. Aquí deviene importante la creación y el desarrollo de nuevos mercados.

Las alternativas ii) y iii) están relacionadas con la función empresarial de la universidad y de los agentes de las empresas tradicionales, en ambos casos, tanto la universidad como el gobierno deben contar con los recursos y las habilidades suficientes para dar soporte, en todos los sentidos, a estos nuevos emprendimientos. En la literatura económica, a estas nuevas organizaciones se les ha denominado *start ups* o entrantes (Shane y Stuart, 2002). Al respecto, dos componentes esenciales del soporte tienen que ver con capital de riesgo suficiente y con el establecimiento de parques científicos y tecnológicos.

Probablemente el lector se estará preguntando, ¿por qué en este apartado sólo se habla de la cooperación tecnológica universidad-empresa y no se toca la colaboración interfirma? La respuesta viene dada en el sentido de que, como ya se ha mencionado, el sector biofarmacéutico es intensivo en ciencia y tecnología, lo que conduce naturalmente a las empresas biofarmacéuticas (protouniversidades) a buscar vínculos de colaboración científica, principalmente con las universidades o los centros públicos de investigación. Si a eso se le agrega que en México las capacidades y habilidades tecnológicas de las firmas de capital nacional son muy pobres; entonces, si se busca superar estas debilidades de las pequeñas y medianas empresas nacionales los aliados más convenientes resultan ser las universidades.

La pertinencia de relanzar unas estrategias industriales donde el impulso de un grupo representativo de pequeñas empresas biofarmacéuticas altamente competitivas resulte central, se debe a que en general las firmas farmacéuticas mexicanas son adversas a realizar mayores inversiones en I&D que, sin embargo, resultan indispensables; el mercado farmacéutico interno cada vez está más concentrado por los laboratorios multinacionales que son implacables en aplicar mecanismos de absorción de pequeñas empresas, de fusión entre ellas, o de alianzas estratégicas con las pequeñas biofarmacéuticas que representen una amenaza a su posición productiva y comercial; la actividad colaborativa entre las organizaciones nacionales, sean empresas o universidades, todavía se mantiene muy marginal a pesar de su importancia en el

⁶⁰ La propuesta es muy parecida al esquema de la triple hélice de Etzkowitz (2002), aunque no es intención de este documento profundizar en las funciones del agente gobierno, lo cual podría ser objeto de otro trabajo.

contexto de las economías del conocimiento y; se observa una ausencia casi absoluta del gobierno mexicano en la promoción de la colaboración interfirma en el sector biofarmacéutico.

En síntesis, la colaboración tecnológica (empresa-universidad) puede ser una estrategia para el mejoramiento innovativo y competitivo de las empresas biofarmacéuticas nacionales siempre y cuando suceda lo siguiente: existan políticas selectivas para favorecer a las pequeñas firmas tecnológicas en lugar de a las grandes (para evitar o mitigar la concentración industrial); el contexto empresarial y universitario sea propicio para explorar y explotar industrialmente el conocimiento producido en las universidades (las firmas deben interesarse más por el conocimiento y la cognición de los investigadores debe incorporar la idea de comercializar el conocimiento); contrario a lo que se piensa, la investigación básica (generadora principal de nuevas ideas y descubrimientos) debe seguir en el corazón de los objetivos universitarios; además, si no existe un sistema financiero que provea capital para emprender proyectos altamente riesgosos (como los científicos y los tecnológicos) no se podrá ir tan lejos.

3.2. Indicadores de desarrollo tecnológico en México: I&D, patentes y transferencia de tecnología

Lo que sucede con los indicadores tecnológicos de la industria farmacéutica no es diferente del desempeño que registran otras variables más generales. Por ejemplo, México históricamente ha registrado una inversión muy baja como proporción del PIB en las actividades científicas y tecnológicas; desde los tiempos en los que el país registraba altas tasas de crecimiento económico (modelo de industrialización por sustitución de importaciones), hasta las tres décadas de vigencia del actual modelo económico, las inversiones en ciencia y tecnología siempre se han mantenido por abajo del 0.5% del PIB, proporción que se encuentra muy lejana de lo que invierten los países desarrollados, y aún de los recientemente industrializados como Corea del Sur y Taiwán que alcanzan más del 2%.

Otro rubro en el que se registran pocos avances es el que se refiere a la cobertura de la educación superior. En este sentido, México tiene una cobertura aproximada del 30% de la población joven que está en edad de asistir a una universidad, esta proporción también se ubica por debajo de los países señalados en el párrafo anterior; pero si consideramos a las naciones latinoamericanas, resulta que nuestro país se encuentra lejos de lo que registra Uruguay, Chile, Argentina y Brasil. La importancia de la educación superior es que se puede considerar un

semillero para la formación de capital humano (científicos y tecnólogos) necesario para el fortalecimiento del sector biofarmacéutico.

Respecto a lo anterior, lo que se observa en la formación de profesionales relacionados con las actividades biofarmacéuticas, resulta muy cuestionable dados los requerimientos de un sector industrial intensivo en conocimientos. Por ejemplo y de acuerdo con Guzmán y Guzmán (2009: 156), los egresados de doctorado por millón de habitantes en campos del conocimiento base de la biofarma –ciencias exactas y naturales, y ciencias de la salud–, sólo alcanzan la cifra de poco más de 2 y 1, respectivamente; cifra que se mantiene muy lejana de lo que sucede en Brasil, país en el que se observan más de 9 egresados en el área de las ciencias naturales y exactas, y más de 8 en ciencias de la salud⁶¹.

Además de una casi insignificante formación de científicos en las áreas del conocimiento vinculadas con la biofarmacéutica, lo que actualmente está sucediendo en México es que hay un importante desequilibrio entre la oferta y la demanda de profesionistas y posgraduados recién egresados de las universidades; de acuerdo a un informe de la OIT (2011), la tasa de desempleo de la población joven (10%) alcanza casi el doble de la tasa general de desempleo abierto (5.6% en 2010). Lo que sucede es que la economía mexicana no registra una transición de sus actividades económicas tradicionales (principalmente manufactureras y maquiladoras) hacia unas de mayor valor agregado estrechamente ligadas al conocimiento científico y tecnológico, donde la actividad biofarmacéutica, indudablemente, jugaría un papel relevante.

Al final de cuentas, estos datos muy generales, se reflejan en aspectos tecnológicos muy específicos del sector biofarmacéutico establecido en México. Al respecto, tres indicadores fundamentales se constituyen por las inversiones en I&D, el patentamiento y la transferencia de tecnología.

En cuanto a las inversiones en I&D, aunque en 2005 más de la mitad de las firmas farmacéuticas reportaron actividades de investigación y desarrollo (elevado porcentaje, quizá ligado al número de empresas que iniciaron pruebas de bioequivalencia y de biodisponibilidad), sólo 15% de estas empresas fueron transnacionales (que mantienen amplio dominio en el

⁶¹ Ahora bien, si se considera al número de investigadores por cada mil trabajadores, la situación es la siguiente: en 2007 México sólo tenía 0.9 investigadores por cada 1000 trabajadores, muy distante de Estados Unidos que registró 9.2, de Canadá con 7.9, de Francia con 7.6 y de Alemania con 7.2. Pero, también nos encontramos lejos de países emergentes como Portugal que alcanzó los 7.2 investigadores por cada mil trabajadores, Turquía con 2.1 y China con 2.0 (Guzmán, 2011: 136).

mercado) y el porcentaje de las ventas destinado a esta actividad apenas superó el 1%⁶². Además, el tipo de innovación derivado de estas inversiones se relaciona, principalmente, con la adaptación de tecnologías desarrolladas en el extranjero y con la imitación a través del desarrollo de medicamentos genéricos (véase tabla 7); de hecho, no existe evidencia de que las compañías locales, en general hayan tomado en consideración el área de la transferencia tecnológica real tampoco han hecho esfuerzos importantes en el campo de la I&D (Guzmán y Guzmán, 2009: 142, 145; Guzmán, 2011).

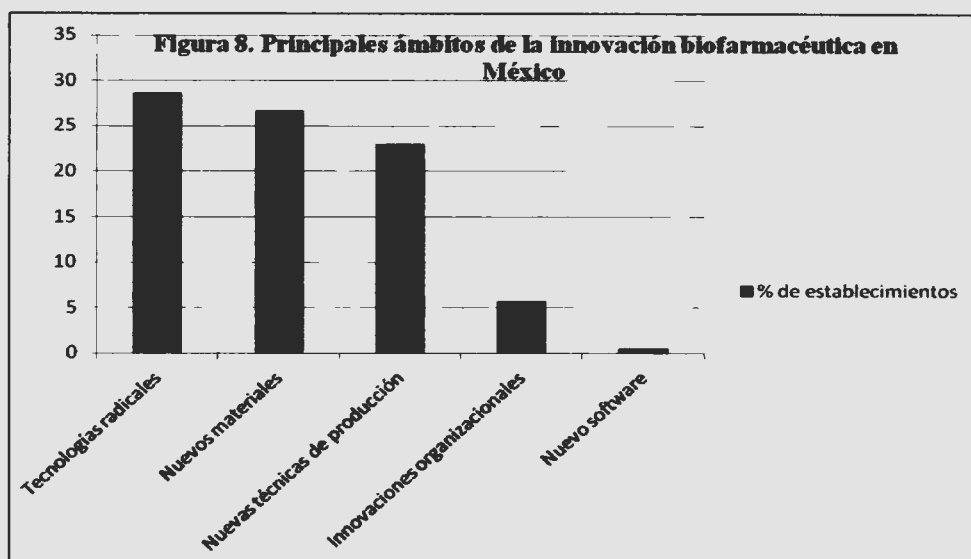
Tabla 7. Tipo de innovación realizada por las empresas farmacéuticas establecidas en México

Firmas transnacionales	(1). Desarrollo clínico de nuevas moléculas, cuyas primeras etapas de I&D se han realizado en sus países de origen.
	(2). Adaptación e introducción de los medicamentos de las empresas farmacéuticas extranjeras en los mercados domésticos (investigación galénica).
Empresas nacionales	(1). Centran sus esfuerzos de innovación en el desarrollo de genéricos, una vez que las patentes han expirado (pruebas de bioequivalencia y biodisponibilidad). En 2005 el 66% de empresas valoraron como muy significativa la I&D experimental.
	(2). En muy pocos casos las firmas locales se involucran en el descubrimiento de nuevas moléculas. Las innovaciones son en su mayoría incrementales (adaptaciones de moléculas originales a los mercados locales).

Fuente: elaboración con base en Guzmán y Guzmán (2009: 145) y Guzmán (2011: 130).

En lo que se refiere a las principales áreas de innovación de las firmas biofarma, no sobresale la incorporación de nuevos productos o procesos al mercado, esto no significa algo diferente a la ausencia de innovación radical, y aunque la proporción parece elevada en comparación con otros ámbitos de la innovación (véase figura 8), ésta en realidad es pequeña considerando al conjunto de las empresas y, también hay que tomar en cuenta la introducción de nuevos productos farmacéuticos (por las transnacionales) al mercado mexicano pese a que no se hayan desarrollado en este territorio.

⁶² En 2008 se invirtieron, solamente en lo que se refiere a investigación clínica, aproximadamente 1,100 millones de pesos, cifra que se elevó a 1,350 millones en 2009 (CANIFARMA, 2012).



Fuente: Guzmán y Guzmán (2009: 146) con base en la *Encuesta de Innovación* del INEGI-Conacyt 2004-2005.

Tabla 8. Características de la actividad innovativa en la industria farmacéutica establecida en México

	Vigencia	Principales características
Primera etapa	Modelo ISI-1990	Utilización de la estrategia imitativa, las empresas se beneficiaban al no tener que esperar la expiración de las patentes de los productos originales para traerlos al mercado. Antes de la <i>Ley de Propiedad Intelectual</i> (LPI) de 1991, la industria protegía su actividad inventiva por medio de certificados de invención; esto en virtud de que todo lo referente a lo farmacéutico no entraba en el campo de la materia patentable. Los DPI y las patentes no eran la prioridad, tan es así que durante este periodo sólo se solicitaron 90 certificados de invención, de los cuales fueron otorgados 89.
Segunda etapa	1991-1996	Periodo pre ADPIC, caracterizado por la negociación y operación de cambios legislativos que afectaron la transferencia e innovación tecnológica. En 1991 surge la LPI que reconoce a la biofarma como objeto de patentamiento, la protección cambia y comienza a partir de la fecha de presentación y ya no de la fecha de otorgamiento. También se firma el TLCAN que consolidó a Estados Unidos como principal exportador a México, desplazando a Francia y Suiza. Comienza a aumentar el patentamiento de los no residentes (hubo 5,200 solicitudes y se otorgaron 3,022).
Tercera etapa	1997-Actualidad	Fase de los ADPIC, se homogenizan los DPI a nivel internacional, reconocidos éstos por los países en desarrollo, las patentes actúan como un instrumento que impide la transferencia de tecnología, y si la hay se considera pitatería. La adopción de los ADPIC afectó a las firmas nacionales confiadas en sus capacidades imitativas, desplazándolas del mercado de productos con ingrediente activo ⁶³ al de genéricos intercambiables. Se incrementan notablemente las solicitudes y el otorgamiento de patentes a los no residentes, que son titulares del 98.4% de las patentes otorgadas (Estados Unidos 50%, Europa más de 40%, Asia 7% y América Latina 1%). Hasta 2007 se habían solicitado cerca de 27 mil patentes y se habían otorgado casi 13 mil.

Fuente: elaboración con base en Guerrero y Gutiérrez (2011: 107-114) y, Guzmán y Guzmán (2009: 159-160).

⁶³ Después de la puesta en operación de los pre ADPIC, el número de empresas nacionales que producían ingredientes activos se redujó de 94 en 1987 a 48 en 1984 y luego hasta 26 en 2005 (Moïse y Docteur, 2007; en Guerrero y Gutiérrez, 2011: 113).

Respecto a la actividad patentadora, a pesar de los pobres resultados obtenidos por las firmas farmacéuticas nacionales, generalmente, se pueden detectar tres etapas en las últimas décadas. La primera incluye el desempeño de la industria desde el modelo sustitutivo de importaciones hasta los 1990, en este periodo se hacia uso de una estrategia fundamentalmente imitativa; la segunda comprende la primera mitad de los 1990, en la que se da un proceso de negociación internacional para reconocer los derechos de propiedad intelectual, y; la tercera abarca desde finales de los 1990 hasta nuestros días, en esta etapa ya se reconocen plenamente los derechos de propiedad intelectual en las actividades biofarmacéuticas (véase tabla 8).

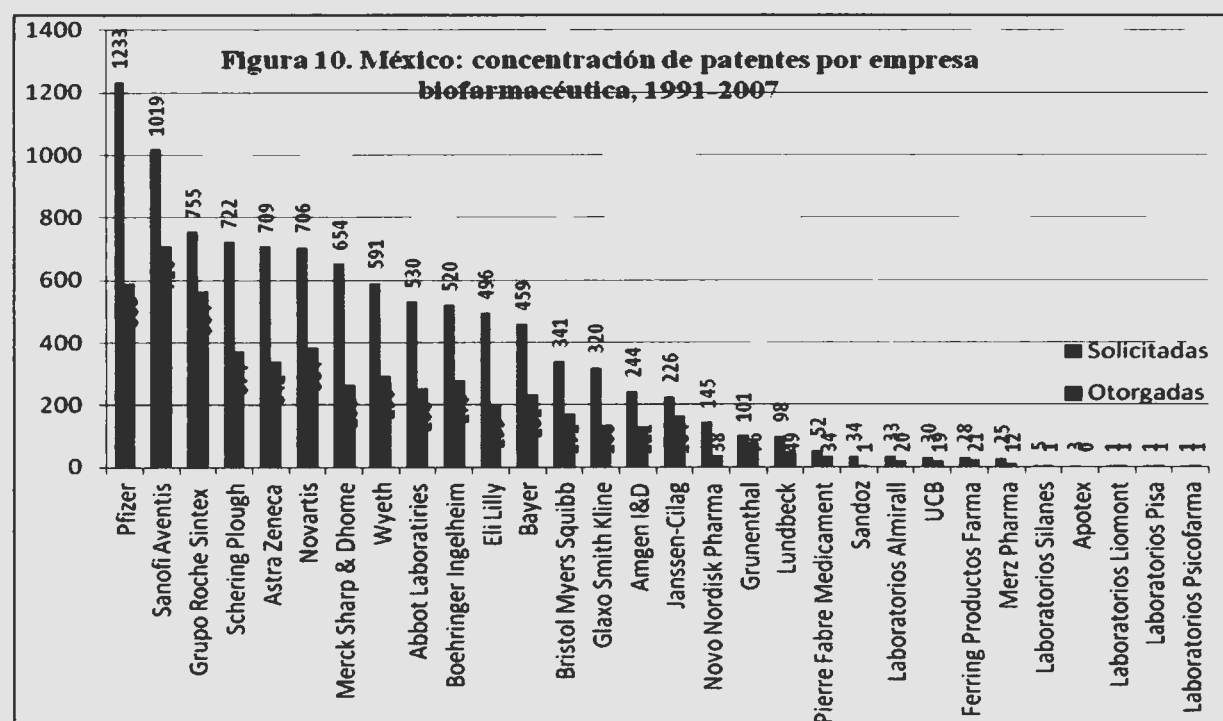
La evolución histórica del patentamiento que se ha registrado en las actividades innovativas relacionadas con la industria farmacéutica, se puede apreciar de mejor manera a partir de la figura 9, en la que se observa claramente que el patentamiento tuvo un crecimiento vertiginoso desde 1992 (aunque se da una disminución del ritmo de solicitudes, especialmente, en 1995 quizá por la profunda crisis económica que padeció el país), año en el que ya se encontraba vigente la LPI que reconocía a las invenciones e innovaciones farmacéuticas como patentables.



Fuente: elaboración propia con base en Guerrero y Gutiérrez (2011: 111).

Nota: los años 1982, 1983, 1987, 1989 y 1990 no aparecen en la serie porque no se contó con el dato ya sea de patentes solicitadas o de patentes otorgadas. Asimismo, la serie llega hasta 2006 debido a que para los años siguientes no se cuenta con información completa; no obstante, a partir del gráfico puede apreciarse una tendencia de alto crecimiento en las solicitudes desde mediados de los 1990.

De hecho, las solicitudes de patentes, en el sector biofarmacéutico de México, registraron una tasa de crecimiento promedio anual de 15.2%, durante el periodo de 1990 a 2006; y del total de otorgadas de 1980 a 2006 (11,936), más del 98% correspondieron a titulares no residentes (Guzmán y Guzmán, 2009: 160). Estos datos muestran una gran concentración de la actividad inventiva e innovativa de las firmas biofarmacéuticas establecidas en México, y es a favor de las principales empresas transnacionales como se observa en la figura 10; de hecho, estas grandes empresas mantienen prácticamente un dominio absoluto en la actividad patentadora, con una participación muy residual de las firmas nacionales⁶⁴. En efecto, de la lista completa sólo hay cuatro pequeños laboratorios mexicanos que, en conjunto, solicitaron 8 patentes en el periodo 1991-2007, de las cuales 5 solicitudes correspondieron a Laboratorios Silanes.



Fuente: elaboración propia con base en Guerrero y Gutiérrez (2011: 112-114).

⁶⁴ Al ser el coeficiente de inventiva (número de patentes por cada millón de habitantes) prácticamente nulo, es un claro indicativo de que el nuevo conocimiento tecnológico (productos y procesos farmacéuticos) que se protege en el mercado doméstico pertenece a extranjeros y, por tanto, los beneficiarios de la explotación monopólica también son los agentes extranjeros, generalmente, las grandes firmas transnacionales (Guzmán y Guzmán, 2009: 166). Además estas empresas buscan ganar mercado, ya no con productos realmente innovadores, sino con modificaciones menores (innovación incremental) —forma de dosificación, vía de administración y/o combinación con otros ingredientes— a los ya existentes mediante negociaciones legales para alargar el monopolio, más allá de lo debido. Por ejemplo, de los medicamentos aprobados por la FDA de 1989 a 2000 sólo el 35% contenían nuevos ingredientes activos. Este mecanismo permite a las firmas vender medicamentos viejos a precios muy elevados (Trens y Morales, 2009: 36).

Nota: las empresas que forman parte de esta gráfica están afiliadas en su mayoría a la Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica (AMIIF) y en menor medida a la Asociación Nacional de Fabricantes de Medicamentos (ANAFAM).

Entre las empresas multinacionales con el mayor número de patentes otorgadas en México, están las estadounidenses y las del Reino Unido que se caracterizan por ser las líderes a nivel global y también han sido objeto de fusiones o adquisiciones, tales empresas son Pfizer, Pharmacia, GlaxoSmithKline, Eli Lilly, Merck, Johnson & Johnson, Abbot y Bayer. Otras firmas europeas como AstraZeneca y Novartis de Suiza, Schering y Boehringer de Alemania y Sanofi-Aventis de Francia, también juegan un papel importante en la innovación (Guzmán, 2011: 137).

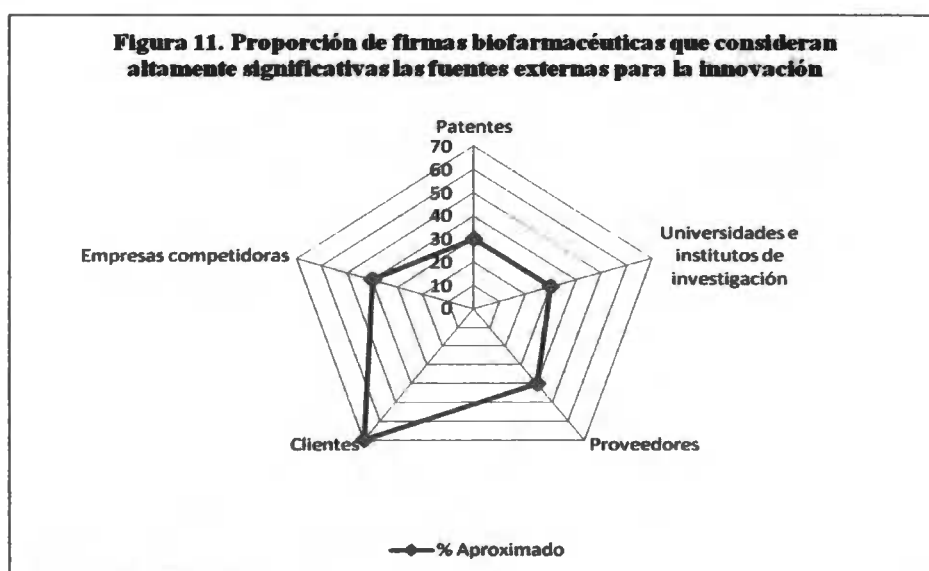
Por otro lado y de acuerdo con Guzmán y Guzmán (2009: 162), respecto a la búsqueda de protección de la propiedad intelectual en el ámbito internacional, los datos también son poco alagadores. Así, durante el periodo 1980-2008, a los agentes biofarmacéuticos mexicanos sólo les fueron concedidas 29 patentes en la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (*USPTO*, por sus siglas en inglés), en la clase 514 (compuestos para el tratamiento de bioafecciones y del cuerpo) y en la 424 (drogas, bioafecciones y compuestos para el tratamiento del cuerpo), esta cantidad representa sólo la mitad de las patentes concedidas por la *USPTO* a los residentes brasileños, y poco más de la mitad de las concedidas a los cubanos.

Dado lo anterior, Julio Mendoza (director del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal) señala que nuestro país ocupa el lugar 58, dentro del conjunto de naciones del mundo, por el número de patentes por cada millón de habitantes, el peldaño 76 en capacidad de innovación, y el 79 en el gasto en I&D que realizan las empresas (Ordóñez, 2012: 3).

Por último, en lo referente a la transferencia de tecnología, pues como ya se ha señalado las empresas transnacionales dominan el mercado interno y son las titulares de casi el 100% de las patentes registradas en México, ello implica que a lo sumo podría tenerse transferencia de tecnología de las matrices a sus filiales en México, y en estricto sentido eso podría considerarse como comercio tecnológico intraindustrial. En contraste, las firmas nacionales, en su mayor parte imitadoras tardías (productoras de genéricos), de alguna manera transfieren la tecnología de los productos y procesos farmacéuticos una vez que las patentes expiran; entonces, puede decirse que se da una transferencia de tecnologías incorporadas y desincorporadas.

La I&D que se realiza por la industria farmacéutica en México, en más de 4 quintas partes es intramuros y sólo el 17% de ésta concede importancia a la I&D externa; dentro de este rubro

destaca el hecho de que las principales fuentes externas de conocimiento son los clientes, los proveedores y las firmas competidoras y, en tercer lugar se ubican las patentes y otras instituciones del conocimiento como las universidades (véase figura 11). Sin embargo, como la biofarma es una actividad intensiva en conocimiento científico, se esperaría que las patentes y la vinculación con las organizaciones del conocimiento registraran un papel más relevante como fuentes de innovación en las empresas.



Fuente: Guzmán y Guzmán (2009: 150-153) con base en la *Encuesta de Innovación* del INEGI-Conacyt 2004-2005.

Las capacidades académicas en la producción de conocimiento científico no se reflejan en el mundo de los negocios, por lo que existe una escasez de vínculos entre las universidades y las empresas, principalmente, debido a la ausencia de políticas institucionales que relacionen la propiedad intelectual y la activa transferencia tecnológica lo cual alentaría la cooperación tecnológica entre ambas organizaciones. En el ámbito académico, los investigadores tienen los suficientes incentivos para publicar pero no para patentar (Guzmán y García, 2009), y el patentamiento podría considerarse como una condición necesaria para aumentar la probabilidad de vincular a la universidad con la industria.

En suma, el comportamiento que han registrado las principales variables tecnológicas del sector biofarmacéutico establecido en México, es similar a lo que sucede con la economía en general, que se caracteriza por bajas inversiones en I&D y escasa formación de capital humano. Además, la I&D que se realiza es, principalmente, para hacer adaptaciones y para tener

capacidades de imitación una vez que las patentes han expirado. Aunque se observe un elevado patentamiento a raíz de los ADPIC y del TLCAN, éste denota una altísima concentración de las actividades inventivas e innovativas a favor de las grandes firmas transnacionales; por tanto, existe una participación marginal de los laboratorios nacionales. Asimismo, por la estructura tecnológica de esta industria, normalmente, se concede poca importancia al conocimiento externo como el procedente de los institutos de investigación y de las universidades.

Reflexiones finales del capítulo

En las páginas anteriores se analizaron las características económicas más sobresalientes de las empresas farmacéuticas establecidas en México. Tales características delinean los antecedentes económicos que se encuentran detrás de las actividades relacionadas con el conocimiento científico y tecnológico de este sector económico en nuestro país. De esta forma, a continuación se sintetizan propiedades relevantes de este sector.

Por su tamaño, la industria farmacéutica de México se encuentra entre las 10 mayores del mundo, y a nivel latinoamericano se encuentra en segundo lugar, pero por su participación en las exportaciones latinoamericanas pasa a primer plano. En el mercado interno, la farmacéutica se ubica entre las 10 actividades más importantes, su participación en el PIB manufacturero equivale al 7.8%, con la cual se relacionan más de 400 mil empleos. Sin embargo, la actividad biofarmacéutica en México está dominada por las firmas transnacionales, que si bien son poderosas empresas exportadoras, la mayor parte de sus productos contienen un elevado componente de importación, lo que ocasiona una desvinculación con las pequeñas y medianas firmas nacionales, originando la destrucción de los encadenamientos productivos.

Los pocos nexos de las biofarmacéuticas transnacionales con el resto de las actividades, han dado lugar a un déficit comercial industrial continuo y creciente, que se hizo más nítido desde los primeros años de los 1990, al reconocerse los derechos de propiedad intelectual, y luego al formalizarse la firma del TLCAN. Esto ha hecho que el sector biofarmacéutico sea cada vez más dependiente de los ciclos económicos de los Estados Unidos. En efecto, las reformas registradas en los 1990 en el sistema de propiedad intelectual en México lejos de propiciar una mayor competitividad en la industria farmacéutica vinieron a profundizar la dependencia tecnológica de las firmas nacionales y la concentración de mercado.

Así, dada la concentración productiva y comercial en esta industria, la colaboración tecnológica puede ayudar al mejoramiento innovativo y competitivo de las empresas biofarmacéuticas nacionales, si y sólo si: se diseñan políticas selectivas para favorecer a las pequeñas firmas tecnológicas en lugar de a las grandes, el contexto empresarial y universitario sea propicio para explorar y explotar industrialmente el conocimiento producido en las universidades, la investigación básica se convierta en generadora de nuevas ideas y descubrimientos que luego puedan escalar industrialmente, así como la constitución de un sistema financiero que provea capital de riesgo. Pero, sobre todo se requiere que los empresarios farmacéuticos mexicanos revaloren sus preferencias hacia el conocimiento como una fuente inagotable de nuevas ideas (productos y procesos potenciales) para acceder a una mejor posición competitiva de sus respectivas empresas.

Los requerimientos mencionados, en el párrafo anterior, se convierten en auténticos desafíos debido a que las principales variables tecnológicas de la industria farmacéutica establecida en México, han registrado un comportamiento similar a la economía en general, que se caracteriza por bajas inversiones en I&D (en adaptaciones e imitaciones de patentes expiradas) y escasa formación de capital humano, en los campos del conocimiento relacionados con las actividades biofarmacéuticas, que se observa lejana incluso respecto a algunos países emergentes como China y Brasil.

Al igual que en la producción y el comercio, se observa una altísima concentración de las actividades inventivas e innovativas a favor de las grandes firmas transnacionales (que no implica transferencia de tecnología ni complementariedad tecnológica con las posibilidades de las organizaciones nacionales); por tanto, existe una participación marginal de los laboratorios nacionales. Además, en general, el conocimiento externo de los institutos de investigación y de las universidades es visto como poco relevante para la mayoría de las firmas de capital nacional.

Finalmente, es preciso reconocer que una mayor competitividad de las empresas farmacéuticas tradicionales de capital nacional, no se podrá alcanzar sin tomar en cuenta las potencialidades de la biotecnología moderna, mismas que necesitan cristalizarse superando algunas dificultades tales como, el desarrollo heterogéneo de las firmas que constituyen esta industria, la concentración de la infraestructura científico-tecnológica en los institutos públicos de investigación y en las universidades, que además no se explota estratégicamente por las empresas nacionales.

CAPÍTULO IV

FACTORES QUE PROPICIAN O INHIBEN LA COOPERACIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR BIOFARMACÉUTICO DE MÉXICO

Este capítulo se propone identificar y examinar los factores que impulsan o inhiben la colaboración tecnológica interfirma e interinstitucional en el sector biofarmacéutico de México. El contenido permitirá contrastar las evidencias empíricas a nuestro alcance con la hipótesis de investigación, así como con los planteamientos de los capítulos previos.

Para no perder el hilo conductor, aquí se reproduce la hipótesis: *se sostiene que las pocas capacidades y habilidades tecnológicas de la mayoría de las firmas farmacéuticas nacionales, que repercuten en su pobre desempeño innovativo y competitivo se debe, en parte, a la ausencia de cooperación interfirma e interinstitucional. Esta estrategia permitiría a las firmas conjuntar esfuerzos para incrementar las inversiones necesarias en la búsqueda de mejores tecnologías que tengan como efecto una reducción en los costos de producción y de transacción, así como una mejora en el nivel innovativo, mayores capacidades tecnológicas y mejor desempeño competitivo.*

El capítulo está integrado por cuatro secciones y las reflexiones finales. El primer apartado aborda el panorama económico-institucional nacional, sobre el que se insertan los intentos o las realidades de la colaboración en el sector biofarmacéutico; al respecto, se encuentra que el ambiente es poco propicio para alentar la cooperación tecnológica. En la segunda sección se muestran y analizan algunos indicadores sobre actividades científicas y tecnológicas que nos permiten identificar ciertas características de la colaboración tecnológica en el sector biofarmacéutico de México; se trata de indicadores como los artículos científicos, las patentes y los vínculos empresa-universidad.

La sección tercera está dedicada a reflexionar sobre la probabilidad de que ocurra la cooperación científica y tecnológica en el sector biofarmacéutico establecido en México. Se comienza con la explicación metodológica de los datos y la información que se usa para los cálculos de las probabilidades; en seguida, se calculan propiamente las probabilidades binomiales y condicionales para las firmas biofarmacéuticas que realizan actividades de colaboración científica y tecnológica. Esta sección termina con una valoración subjetiva de la probabilidad de que ocurra la cooperación tecnológica en las firmas biofarmacéuticas nacionales.

La cuarta sección rescata los principales hallazgos de los apartados anteriores, pero sobre todo del tercero. En sí la sección se dedica al análisis de los principales resultados, que se orientan a sintetizar los factores que pueden explicar el nivel de la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional en las empresas del sector biofarmacéutico establecido en México. Por último, se presentan algunas reflexiones finales del capítulo.

4.1. ¿Existen antecedentes de cooperación en el sector biofarmacéutico en México?

El papel de la biotecnología

La razón de este apartado se deriva de que la biotecnología es una de las áreas del conocimiento que puede consolidarse y servir de plataforma, mediante la cooperación interfirma y empresa-universidad, para incrementar la competitividad del sector biofarmacéutico a partir de la creación de empresas y el impulso de las pequeñas firmas existentes, reconvirtiendo sus productos y procesos a unos intensivos en conocimiento⁶⁵.

De entrada, la biotecnología en México se caracteriza por el desarrollo desigual de sus agentes principales. A pesar de que hay un número importante de instituciones públicas de investigación y de formación de recursos humanos especializados, éstas son heterogéneas en sus capacidades y; la industria biotecnológica nacional aún se encuentra en un estado embrionario, pues está dominada por firmas pequeñas y medianas cuyos productos y técnicas son, sobre todo, de la primera y segunda generaciones. Sólo pocas empresas locales pueden considerarse como intensivas en conocimiento (Corona, 2006: 197).

Y es que la política económica ha favorecido a la industria maquiladora, prestando poca atención y recursos mínimos al desarrollo tecnológico interno. Si a eso se añade la carencia de una tradición innovadora, se puede entender el atraso registrado frente a otras economías (Genoma, 2005: 8). También, se carece de una tradición colaborativa.

A pesar del dominio de las grandes empresas farmacéuticas transnacionales; éstas han comenzado a comercializar productos biotecnológicos modernos, pero como sus actividades de I&D se sostienen estratégicamente en sus países de origen, el impacto en las actividades

⁶⁵ El sector farmacéutico es considerado por los gobiernos de algunos países como estratégico porque es capaz de hacer frente a los problemas de salud de la población y, por tanto, contribuye al bienestar social y al crecimiento económico (Guzmán y Guzmán, 2009: 131; Shadlen, 2007).

innovativas en México ha sido insignificante (Shadlen, 2007). Sin embargo, estas firmas han comenzado a colaborar con las universidades y los centros de investigación del país.

Mientras que en los Estados Unidos las *start-ups* actuaron como las fundadoras de la biotecnología farmacéutica, la orientación hacia la investigación básica, de los científicos mexicanos, acompañada del desdén al patentamiento y una actitud peyorativa hacia la mezcla de la ciencia con los negocios, ha impedido la emergencia de los científicos emprendedores. Además, las habilidades empresariales no se enfatizan en la educación superior de México⁶⁶, y las fuentes de capital de riesgo se encuentran ausentes (Wagner, 1998: 68).

El capital de riesgo, para financiar los sectores industriales emergentes como la biotecnología, ha sido inexistente en México y el gobierno no ha promovido a las *start-ups*⁶⁷. Adicional a esto, los sectores complementarios y auxiliares de la biotecnología también se encuentran subdesarrollados. En este contexto, la biotecnología farmacéutica puede definirse como un sector embrionario. Las instituciones públicas de investigación y de educación superior, algunas competitivas a nivel internacional, todavía son muy limitadas en cantidad cuando se comparan con las economías desarrolladas y aún de algunos países emergentes que han entrado decididamente en la competencia internacional.

De hecho, la mayor parte de la investigación se concentra en los centros públicos y en los institutos de las universidades públicas. De acuerdo con Zapata (Corona, 2006: 198-200), hay cerca de 106 instituciones de investigación en diferentes campos de la biotecnología (102 son públicos, 3 privados y uno es un centro internacional). 58 institutos están en las universidades públicas y 44 dependen financieramente de los ministerios gubernamentales, entre ellos el CONACYT. En efecto, el subdesarrollo de la biotecnología en México, ha estado muy relacionado con la carencia de financiamiento privado.

De acuerdo a su infraestructura, su productividad científica, los vínculos academia-industria y su contribución a la formación de capital humano en ciencia y tecnología; las instituciones biotecnológicas mexicanas se pueden clasificar como en la tabla 9.

⁶⁶ Genin, una *start-up* biotecnológica fundada a principios de los 1980 por dos científicos mexicanos (Francisco Bolívar y Roberto Quintero), ilustra el desafío que poseen los asuntos de negocios relacionados con la innovación tecnológica. La pequeña firma salió del mercado porque las empresas farmacéuticas mexicanas no estuvieron interesadas en licenciar su tecnología (Wagner, 1998: 68).

⁶⁷ A pesar de que, aproximadamente, el 98% de las empresas mexicanas son micro, pequeñas y medianas; desempeñando un papel fundamental en la creación de empleo, y de que su contribución al desarrollo económico es decisiva, pues suministran materias y componentes a grandes empresas y por sus exportaciones directas e indirectas (Genoma, 2005: 6, 22).

Tabla 9. Clasificación de las instituciones biotecnológicas en México

Nivel	%	Descripción
Primero	19.3	Reconocidas por su productividad científica, su infraestructura adecuada y su calidad en la investigación. Dos instituciones encabezan el grupo: el Instituto de Biotecnología de la UNAM y el CINVESTAV-Irapuato especializado en biotecnología de plantas.
Segundo	14.7	En proceso de consolidación, su infraestructura no es adecuada, los equipos son pequeños y con baja productividad respecto al primer grupo. Se requiere incrementar el número de investigadores, la calidad de la investigación y también las actividades de formación de los especialistas en biotecnología deben mejorarse.
Tercero	66	Requieren de un esfuerzo institucional significativo para incrementar la calidad de su capital humano, de su investigación, de su infraestructura de investigación, su estrategia de enseñanza y su organización institucional.

Fuente: elaboración propia con base en Corona (2006: 199).

Con todo y el potencial que representan las universidades o los institutos públicos de investigación como socios estratégicos para la innovación de las firmas farmacéuticas, éstas todavía consideran que sus principales fuentes de información se constituyen por los clientes (70%), la competencia (43%), y aunque otras fuentes comienzan a tomar relevancia (universidades e institutos, patentes, artículos científicos), aún están muy por abajo de su potencial. Esto revela la gran distancia que mantienen muchas farmacéuticas frente a las instituciones generadoras de conocimiento y frente a la difusión del mismo en patentes, artículos y congresos; lo cual, también denota heterogeneidad tecnológica y falta de explotación del conocimiento disponible (Guzmán y Guzmán, 2009: 150-151).

En otro sentido, de más de 80 firmas biotecnológicas encontradas por De la Torre en 1996⁶⁸, 23 de éstas, basadas en las técnicas de la biotecnología moderna surgieron durante los 1990, pero muy pocas han desarrollado las capacidades adecuadas para explotar las técnicas mencionadas. Algunas compañías como Probiomed, Bioclon-Silanes, Agrobionsa, IBtech y Laboratorios Mixin han progresado en esa dirección. Asimismo, el empleo de recursos humanos en ciencia y tecnología es mínimo; así como la baja probabilidad de que ocurran vínculos con los equipos de investigación biotecnológica de las universidades y los centros públicos. Sólo unas cuantas pequeñas firmas nacionales han desarrollado fuertes relaciones con los equipos de

⁶⁸ Aunque, Genoma (2005: 8, 26) señala que sin contar las múltiples empresas dedicadas a producir bebidas alcohólicas y derivados lácteos, en el país existen más de 100 firmas biotecnológicas que producen la mayor parte de los más de 120 productos netamente biotecnológicos que se encuentran en el mercado. Sin embargo, Genoma coincide en que son pocas las empresas con capacidad para producir fármacos con ingeniería genética. Se establece que en la última década se constata la aparición de un pequeño número de laboratorios que dedican una parte importante de su actividad a la I&D de nuevos productos.

investigación de los centros públicos de investigación y de las universidades⁶⁹ (Corona, 2006: 200-202).

El limitado número de empresas de capital nacional auténticamente biofarmacéuticas, su escasa utilización y absorción de mano de obra altamente especializada, y sus nexos restringidos con la academia demuestran que la industria farmacéutica mexicana ha participado muy poco en el desarrollo de nuevas firmas biotecnológicas en comparación con otros países. En efecto, de acuerdo con Bolívar (2003), no se aprovechan las oportunidades que existen para desarrollar nuevas empresas biotecnológicas modernas que puedan convertirse en fuentes de trabajo y en generadoras de nuevos productos y servicios de elevado valor agregado. Tampoco se valora, de manera adecuada, la vinculación del sector académico con el industrial, y así propiciar la formación de nuevas industrias por los propios académicos mexicanos. En otros países, existen mecanismos y fondos adecuados para estos propósitos.

En general, el sector biofarmacéutico mexicano enfrenta un entorno económico-tecnológico que muestra las siguientes características:

- i) predominio de las firmas biotecnológicas tradicionales y de las técnicas tradicionales;
- ii) baja inversión en I&D;
- iii) alta dependencia de los bienes intermedios y de los instrumentos científicos importados y;
- iv) vínculos escasos con los institutos públicos de investigación y de las universidades.

Al respecto, la mayoría de las firmas no han establecido departamentos de I&D; por tanto, casi todos los productos innovativos comercializados en el mercado doméstico son importados. Aunque existen algunas excepciones, de nueva cuenta las biofarmacéuticas Probiomed, Laboratorios Sophia, Bioclon y Silanes, han establecido departamentos formales de I&D.

Entre las razones más importantes que pueden explicar el bajo perfil innovativo y de vinculación de las firmas farmacéuticas, con el conocimiento tecnológico y científico, están:

- i) la comunidad científica no cuenta con una cultura del patentamiento y tampoco se interesa en transformar las ideas científicas en aplicaciones industriales (Genoma, 2005: 21). Los investigadores en biotecnología han tendido a perseguir proyectos básicos de naturaleza general (Wagner, 1998: 63);

⁶⁹ Por ejemplo, la firma Probiomed mantiene una colaboración estrecha con el Instituto de Biotecnología de la UNAM (IB-UNAM), con el Centro de Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y con el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV). Esta empresa también financia la formación de recursos humanos en áreas de su propio interés. Los laboratorios de Bioclon y Silanes han establecido importantes programas de colaboración en investigación con el IB-UNAM y con el CINVESTAV.

- ii) la tradición de la protección de la propiedad intelectual en las universidades mexicanas y en los centros públicos de investigación apenas comienza;
- iii) los incentivos para patentar los descubrimientos son muy limitados, aunado a unos costos elevados para obtener y mantener una patente;
- iv) la burocracia administrativa en las instituciones –tanto generadoras del conocimiento como las que se encargan de registrar y regular la propiedad intelectual–, suele ser tediosa (Genoma, 2005);
- v) Wagner (1998: 64-65) señala que la inversión de largo plazo en I&D no es una prioridad para el grueso de los empresarios mexicanos. La mayoría de las veces, se prefiere importar tecnología obsoleta de Estados Unidos, lo peor es que los empresarios piensan que obtendrían poca ventaja competitiva contratando a científicos, sobre todo, si la tecnología puede obtenerse más barata desde fuera⁷⁰;
- vi) existe una carencia de incentivos apropiados para incentivar la cultura de la innovación y el aprendizaje empresarial;
- vii) débiles relaciones entre la academia y la industria que truncan la movilidad del capital humano en ciencia y tecnología, y por tanto, la transferencia de conocimiento;
- viii) insuficiencia de oficinas especializadas en patentes dentro de las instituciones de investigación que promuevan y faciliten que los investigadores patenten sus descubrimientos científicos, y finalmente;
- ix) deficiencias en la legislación nacional para una regulación apropiada sobre la protección de la propiedad intelectual.

La lista de razones precedentes se perpetúa debido a que la mayoría de las biofarmacéuticas multinacionales tienen subsidiarias manufactureras en México que cuentan con licencia sanitaria para registrar productos farmacéuticos, importarlos y revenderlos en el mercado doméstico. Adicionalmente, los bajos salarios y los acuerdos comerciales son incentivos para que las multinacionales manufacturen productos farmacéuticos en México sin preocuparse por hacer inversiones relevantes en I&D. Por su parte, la mayoría de las farmacéuticas mexicanas no desarrollan nuevos productos, sino que se concentran en producir genéricos, sosteniendo la mayor parte del sector público del cuidado de la salud (Corona, 2006: 211).

No obstante lo anterior, la biotecnología puede ser un factor determinante para mejorar la salud de los habitantes de países en desarrollo (Ramírez y Uribe, 2004: 406). La biotecnología es una de las herramientas más poderosas con las que cuenta México para contender con muchos problemas nacionales (Bolívar, 2003: 13). Desafortunadamente, a pesar de su importancia potencial para la industria farmacéutica, el país ha sido incapaz de utilizar su fortaleza científica para el desarrollo económico. Aunque, tanto los científicos como la industria nacional cada vez

⁷⁰ El uso de la tecnología importada, aunque menos cara en el corto plazo, no es una estrategia correcta en el largo plazo, ya que su financiamiento se realiza a expensas del desarrollo de la tecnología doméstica y porque la tecnología que se compra en el exterior, normalmente ya es obsoleta (Wagner, 1998: 70).

están más concientes de la necesidad de hacer que la ciencia sirva y fortalezca el desarrollo económico (Wagner, 1998: 61, 69).

De hecho, México cuenta con productos de la biotecnología tradicional que se exportan a todo el mundo y dispone de una de las reservas de la biodiversidad más importantes del mundo. Adicionalmente, el país cuenta con más de un centenar de centros de investigación, en los que trabajan cientos de investigadores (Genoma, 2005: 5). No obstante, para capitalizar las potencialidades de la biotecnología en un sector biofarmacéutico con bases más nacionales es necesario incrementar y fortalecer las capacidades en biotecnología moderna de las empresas nacionales hasta ahora productoras mayoritarias de genéricos.

En términos generales, se puede decir que la cooperación tecnológica que se registra entre las firmas biofarmacéuticas y las universidades o centros de investigación es muy poca, y la cooperación tecnológica entre las empresas de este sector es, prácticamente, inexistente cuando se trata del desarrollo de medicamentos realmente revolucionarios. Dado que las dotaciones de capacidades y habilidades tecnológicas, de la mayoría de las empresas farmacéuticas de capital nacional son muy pobres, entonces, el ambiente económico e institucional es poco propicio para alentar la cooperación tecnológica. Esto se refleja en que no hay una transferencia efectiva de tecnología desde las transnacionales a las pequeñas firmas nacionales; como las multinacionales tienen sus bases científicas y tecnológicas en sus países de origen, salvo algunos casos de absorción de pequeñas biofarmacéuticas, las multinacionales no se interesan por complementar sus tecnologías a través de la colaboración con las firmas nacionales porque sus dotaciones científicas y tecnológicas son bastante bajas.

Adicionalmente, como en su mayoría las empresas farmacéuticas nacionales son poco propensas a innovar por los riesgos y los altos costos que esta actividad conlleva, se observa una percepción y evaluación no tan favorable de la importancia de la innovación en las organizaciones farmacéuticas; por lo tanto, nos encontramos ante un panorama en el que no existe mucha preocupación de las firmas nacionales sobre el acortamiento del ciclo de vida de los productos, el monitoreo de los últimos descubrimientos científicos que podrían ser de importancia para las aplicaciones farmacéuticas, y sobre las posibilidades de internalizar las externalidades originadas por la investigación científica procedente de las universidades y los centros de investigación.

4.2. Algunos indicadores sobre la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico

Un indicador por excelencia de la cooperación tecnológica entre las distintas organizaciones, sería el número de acuerdos que se poseen, los montos de recursos estipulados, las metas en productos y procesos novedosos, así como la duración de la colaboración; sin embargo, existe una enorme escasez de este tipo de información, por lo que el análisis sobre este rubro debe basarse en indicadores indirectos que pueden accederse en los bancos de información y en las bases de datos consolidadas y consistentes. De este modo, las aproximaciones sobre el nivel de la colaboración en las empresas del sector biofarmacéutico establecido en México, se obtendrán de algunos datos sobre I&D, artículos científicos, patentes, y vinculación entre las organizaciones, detectada esta última a partir de información proporcionada por ellas mismas.

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores, la innovación en los productos y procesos farmacéuticos de los últimos años se basa en la biotecnología moderna; este hecho hace que el desarrollo de un nuevo medicamento o de un tratamiento novedoso sea secuencial y puede abarcar desde la ciencia básica, su aplicación industrial y luego su comercialización; es decir, de acuerdo con la CANIFARMA (2012) se tienen dos etapas, la primera se refiere a las investigaciones básicas de laboratorio y de experimentación en animales, esta fase se realiza mayoritariamente en algunas empresas biofarmacéuticas, en las universidades y en los centros de investigación. En la segunda etapa se lleva a cabo la investigación clínica (las investigaciones básicas se prueban en humanos); en un principio, la investigación clínica se hace en unidades de farmacología y, posteriormente, en hospitales y otros centros de prueba.

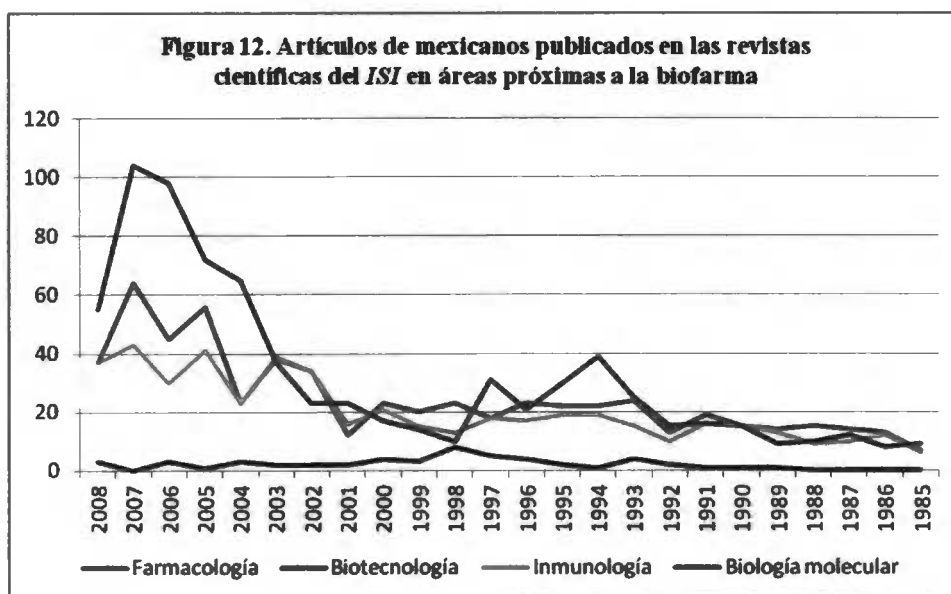
Por el aumento de la relevancia de las instituciones académicas y de salud, tanto públicas como privadas, el crecimiento de las inversiones en I&D, en el sector biofarmacéutico establecido en México, se ha potencializado desde 2003 al registrar tasas de crecimiento anual de alrededor de 15%. De este modo, en nuestros días se están realizando más de 2,000 investigaciones agrupadas en más de 400 protocolos; en estos proyectos participan más de 1,000 instituciones de todo el país, de las cuales alrededor del 80% son públicas; además, en estas investigaciones participan más de 2,000 investigadores (CANIFARMA, 2012). No obstante, como se señala en el capítulo anterior las inversiones en I&D aún son insuficientes y se destinan, esencialmente, a las adaptaciones de productos y procesos del extranjero y a las últimas fases de la experimentación (pruebas clínicas).

En cuanto a la producción de conocimiento de frontera de los científicos mexicanos en algunos de los campos relacionados con las actividades biofarmacéuticas (farmacología, biotecnología, inmunología y biología molecular); el desempeño podría calificarse como bueno ya que de 1980 a 2008 se publicaron 650 artículos en el área de farmacología representando el 7.8% del total mundial, en biotecnología se publicaron 52 artículos que equivalen al 4.7% del total, en inmunología se tienen registrados más de 520 artículos que son el 7.3% del total, finalmente, en el campo de la biología molecular se publicaron más de 790 artículos que constituyen más del 10% de todos los hasta ahora publicados⁷¹. Una proporción importante, de esta producción científica se aceleró desde los 1990 (véase figura 12).

Como muestra la figura, si consideramos las publicaciones por campo, resulta que el área más sobresaliente es la que corresponde a biología molecular que, muy probablemente, dentro de las subdisciplinas que convergen en la biofarmacéutica quizá sea ésta, junto con la inmunología, la más cercana a la ciencia básica. Esta situación puede indicarnos dos cosas, la primera es que a pesar de las bajas inversiones en ciencia y tecnología, y de los pocos esfuerzos para la formación de capacidades y de recursos humanos, los investigadores mexicanos en estos campos son capaces de destacar a nivel mundial; pero en segundo lugar, los datos también pueden indicar un marcado sesgo hacia la investigación básica que es la más distante de las aplicaciones industriales (que se requieren para una mayor interacción con las empresas) y luego su comercialización, como se ha mencionado en el capítulo anterior.

No obstante, la productividad de los investigadores, la calidad de sus publicaciones y la colaboración científica que llevan a cabo en las distintas universidades y en los centros de investigación, no alcanza (quizá porque su naturaleza es distinta) para promover y profundizar la cooperación tecnológica entre las firmas biofarmacéuticas y de éstas con las universidades.

⁷¹ Los datos mencionados en este párrafo fueron obtenidos a través de una revisión exhaustiva de las bases del ISI que hospedan a las revistas científicas más prestigiadas del mundo, estas tareas se realizaron en el segundo semestre del 2008. Si bien la producción científica parece elevada, puede deberse en parte a que muchos artículos se publican en coautoría con investigadores extranjeros, principalmente estadounidenses y europeos, por tanto, esa producción podría contabilizarse tanto en México como en los Estados Unidos. Así pues, para que un artículo sea considerado de mexicanos, basta con que uno de los autores sea de nacionalidad mexicana.

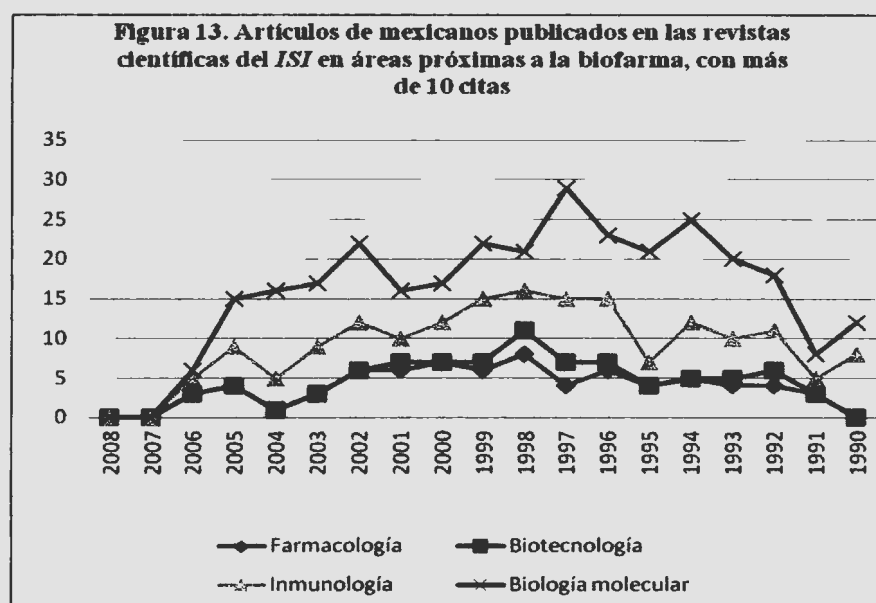


Fuente: elaboración propia con base en datos del *Institute for Scientific Information (ISI)*, varios años.
 Nota: para los artículos publicados en el 2008, los datos sólo consideran hasta los meses de octubre y noviembre.

Otros datos que confirman la supremacía de la biología molecular son los que se muestran en la figura 13, en la que se ve que los artículos de este campo son los que han recibido más citas en el ámbito de la ciencia mundial, ello parece indicar que la producción de este conocimiento es bien recibida en el mundo, y que hay interés por lo que se hace en México. También, en la gráfica 13, los artículos que aparecen en segundo lugar con más citas son los de inmunología, fortaleciendo la hipótesis de la fortaleza de la investigación básica. Sin embargo, aunque el interés por el conocimiento producido en México se incrementó durante los 1990 (quizá por las reformas en las normas de la propiedad intelectual), ese interés ha disminuido en los últimos años, como se aprecia en la figura.

La consideración de los artículos científicos como una variable que puede ayudar a explicar la colaboración científica-tecnológica, entre los distintos agentes que convergen en las actividades biofarmacéuticas, es importante porque al ser ésta una actividad intensiva en ciencia y tecnología, muchos productos y procesos novedosos pueden tener sus bases en los descubrimientos de la ciencia básica; entonces, para un sector biofarmacéutico competitivo a nivel mundial, se esperaría que se registrara una gran colaboración interinstitucional de las diferentes organizaciones. Aunque, como se ha señalado, México adolece de una tradición

colaborativa entre las empresas biofarmacéuticas y las universidades o centros de investigación (véase cuadro 6).



Fuente: elaboración propia con base en datos del *Institute for Scientific Information (ISI)*, varios años.

Nota: para los artículos publicados en el 2008, los datos sólo consideran hasta los meses de octubre y noviembre.

Cuadro 6. Artículos de instituciones mexicanas por campo biofarmacéutico, de acuerdo a la clasificación del ISI, 1980-2008

Instituciones/campos	Biotecnología		Inmunología		Biología molecular		Total	
Universidad o instituto de investigación	20	38.46	219	41.4	338	42.52	577	41.93
Empresa	0	0	6	1.13	7	0.9	13	0.94
Colaboración empresa-universidad	0	0	16	3.02	17	2.14	33	2.40
Colaboración entre instituciones nacionales	10	19.23	193	36.48	171	21.51	374	27.18
Colaboración universidades-institutos nacionales con sus similares extranjeros	9	17.31	77	14.56	257	32.33	343	24.93
Individuos	13	25	18	3.4	5	0.63	36	2.62
Total	52	100	529	100	795	100	1376	100

Fuente: elaboración propia con base en datos del *ISI* para varios años.

Nota: la categoría empresa puede incluir la cooperación firma-firma (ejemplo, 3 artículos de biología molecular). La colaboración empresa-universidad también puede considerar los casos de universidades e institutos extranjeros cooperando con alguna empresa establecida en México. Asimismo, la colaboración entre instituciones nacionales incorpora los vínculos entre distintas áreas o departamentos de una misma institución.

A partir del cuadro 6, se pueden rescatar algunos rasgos interesantes. Primero, los departamentos de investigación de las universidades y los institutos de investigación, ambos principalmente públicos, contribuyen por sí solos con cerca del 42% de la producción científica

en los campos de la biotecnología, la inmunología y la biología molecular⁷² que destaca con la mayor aportación. Segundo, se percibe el bajo perfil científico de las firmas biofarmacéuticas establecidas en México, esto debido a que de los más de 1,370 artículos publicados en conjunto en los campos del conocimiento mencionados, únicamente 13 que representan menos del 1% del total corresponden a autores que están adscritos a una empresa, aún considerando los documentos publicados como consecuencia de la cooperación entre las empresas.

En tercer lugar, a pesar de que los artículos científicos, publicados en revistas indizadas en el *ISI*, que son producto de la colaboración entre los equipos de investigación de las universidades y los de las empresas representan más del doble (2.4% del total) de lo que publican las empresas de manera individual; esta proporción sigue siendo muy baja y es a la vez un indicio adicional de la pobre valoración del conocimiento de frontera por parte de las empresas.

Por otro lado, si bien es cierto que la colaboración científica firma-firma y empresa-universidad refleja un desempeño muy mediocre, no sucede lo mismo con la cooperación que se registra entre los equipos de investigación de las universidades e institutos de investigación, tanto nacionales como extranjeros. Así, la publicación de artículos científicos que son el resultado de la colaboración entre las instituciones del conocimiento representan poco más de la mitad (52.11%), correspondiendo el 27.18% a la cooperación que se lleva a cabo sólo entre instituciones nacionales, y el 24.93% a los vínculos colaborativos de instituciones de investigación nacionales con sus pares extranjeras. Asimismo, el campo de conocimiento donde se registra una mayor colaboración nacional es la inmunología con 36.48%; por su parte, en el ámbito de la cooperación científica internacional sobresale la biología molecular con más de 32%.

Dos cosas relevantes pueden deducirse del párrafo anterior: 1) el espíritu colaborativo no está ausente en los investigadores mexicanos, por tanto, si la colaboración científica empresa-universidad sigue siendo marginal es porque el sector biofarmacéutico mexicano está dominado por firmas transnacionales que realizan, mayoritariamente, sus actividades de I&D en sus países

⁷² Si para designar la producción científica por instituciones, se considera el centro de trabajo que aparece en primer lugar como adscripción del autor principal, entonces se tiene que las universidades nacionales (UNAM, IPN-Cinvestav, UAM) y las universidades estatales produjeron 43.35% de los artículos publicados entre 1980 y 2008 en los campos de la inmunología y la biología molecular (en esta área la producción fue mucho más prolífica). Si a esto se le agrega lo realizado por otros centros de investigación que pueden incluir los Centros Conacyt, asociaciones civiles y los ministerios de salud nacionales y estatales; en efecto, la producción de universidades y centros de investigación llega a representar más del 80% del total. Asimismo, los institutos de salud pública destacaron en la producción de conocimiento en la inmunología.

de origen, y; 2) la muy escasa cooperación también se debe a que el grueso de las firmas de capital nacional se mantienen alejadas del conocimiento de vanguardia.

En otro sentido, la cantidad de patentes de las empresas se puede usar como una variable aproximada de la innovación; pues, estos activos del conocimiento son un medio efectivo de protección en las empresas farmacéuticas que, normalmente, patentan sus nuevas entidades químicas. Las patentes también son una buena medida del producto de la investigación básica y aplicada (Gambardella, 1992: 402).

El cuadro 7 muestra el comportamiento del patentamiento por agente mexicano (individuos, empresas y universidades) en los últimos tres lustros, como puede observarse, la producción ha sido mínima, registrándose una notoria mejoría a partir del año 2000, con las universidades como los agentes que más patentan en el campo biofarmacéutico.

El hecho de que las universidades sean las principales depositarias del patentamiento en la biofarmacéutica, con una participación de poco menos del 60% (véase cuadro 7), contrasta con los hallazgos de Wagner (1998), Bolívar (2003 y 2004), Genoma (2005) y Corona (2006), que marcadamente sostienen que los científicos universitarios son más adversos al patentamiento⁷³ que los de las empresas. No obstante, también es claro que la cantidad de patentes es casi insignificante en comparación a lo requerido para generalizar los nexos científicos y tecnológicos

Cuadro 7. Patentes otorgadas por el IMPI a titulares mexicanos en el campo biofarmacéutico

Agente/Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
Individuos	0	1	1	1	2	0	0	1	0	3	1	1	0	1	12
Firmas	0	0	0	0	1	1	3	4	3	4	0	4	0	3	23
Universidades	1	1	0	2	0	1	1	4	10	5	2	5	7	12	51
Total	1	2	1	3	3	2	4	9	13	12	3	10	7	16	86

Fuente: elaboración con base en BANAPA, varios años.

Nota: la información que se presenta en este cuadro es producto de bases de datos previas organizadas para cubrir los objetivos del proyecto *University-Enterprise Knowledge Generation and Spillovers. Patents and Technology Transfer in the Bio-Pharmaceutical Sector of Mexico* (Guzmán et al., 2009). Los inventores individuales podrían incluir a pequeños empresarios que patentan a su nombre, o también a científicos y tecnólogos de alguna institución que patentan a título personal.

entre firmas y universidades. Adicionalmente, es preciso reconocer que cada vez las universidades están más convencidas de aportar conocimientos avanzados para apoyar al desarrollo económico; aunado a que en los últimos años se han mejorado y ampliado los

⁷³ El otro problema tiene que ver con la proporción de estas patentes respecto a las organizaciones multinacionales solicitantes y depositarias de la mayoría de las patentes registradas en México, recuérdese que los no residentes son los titulares de más del 98% de las patentes otorgadas en México.

mecanismos internos para la gestión y el mantenimiento de la propiedad intelectual, así como la diversificación de los incentivos para que los investigadores universitarios patenten los productos o hallazgos de sus investigaciones científicas.

En el cuadro 8 se presenta la distribución por año de las patentes otorgadas por el IMPI a las empresas biofarmacéuticas mexicanas. Como puede apreciarse, la producción tecnológica mejoró desde 1998. Algo que resalta es que la mayoría de las empresas son pequeñas y algunas, como Lemery S.A. de C.V., han sido adquiridas por compañías farmacéuticas multinacionales, y otras son filiales de multinacionales que registran patentes originadas por actividades científicas y tecnológicas realizadas en México. Sólo para efectos comparativos, en el cuadro es muy nítida la escasa producción de patentes, 32 en el periodo 1980-2007, que son nada en relación a las miles asignadas a las firmas transnacionales más prominentes.

Cuadro 8. Patentes otorgadas por el IMPI a firmas de capital nacional del sector biofarmacéutico, 1980-2007

Empresa/Año	1980	1983	1985	1991	1995	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2007	Total
Agroalimex S.A.	1													1
Aaparis S.A. de C.V.													1	1
Aplicaciones Farmacéuticas S.A. de C.V.					2									2
Bioquimex Natural S.A. de C.V.									1					1
Cordomex S.A.				1										1
Enmex S.A. de C.V.								1						1
Fermic S.A. de C.V.									2	1	1			4
Industrial Orgánica S.A. de C.V.						1				1				2
Instituto Bioclon S.A. de C.V.												1		1
Internacional Fiber Corporation												1		1
Janssen Farmacéutica S. A. de C.V.						1								1
Laboratorios Aranda S.A. de C.V.							1	1	1					3
Laboratorios Silanes S.A. de C.V.										1	1			2
Laboratorios Vita Nova de Chihuahua S.A.			1											1
Lemery S.A. de C.V.												1		1
Proquifin						1								1
Resinas y Materiales S.A. de C.V.								1				1		2
Source One S.A. de C.V.											2			2
Syntex		1							1					2
Thedal International S.A. de C.V.													1	1
Uquifa México S.A de C.V.													1	1
Total	1	1	1	1	2	3	1	3	5	3	4	4	3	32

Fuente: elaboración con base en BANAPA. Nota: la información que se presenta en este cuadro es producto de bases de datos previas organizadas para cubrir los objetivos del proyecto *University-Enterprise Knowledge Generation and Spillovers. Patents and Technology Transfer in the Bio-Pharmaceutical Sector of Mexico* (Guzmán et al., 2009). Como las patentes comprenden productos y procesos novedosos relacionados con la biofarma, algunas patentes podrían ser de empresas que estrictamente no se considerarían como parte del sector biofarmacéutico.

Continuando con la actividad del patentamiento, y considerando que el hecho de solicitar una patente en el mercado biofarmacéutico más grande del mundo (Estados Unidos) es parte de una estrategia comercial internacional, en la tabla 10 se presentan los titulares de las patentes otorgadas por la *USPTO* de 1990 a 2008. Al igual que sucede con las patentes otorgadas por el IMPI, la mayoría fueron para las universidades mexicanas. Es probable que mediante esta estrategia, las universidades busquen cierto posicionamiento en la competitividad científica internacional.

Tabla 10. Patentes biofarmacéuticas otorgadas por la USPTO a firmas, universidades o centros de investigación mexicanos, 1990-2008

Año de concesión	Año de solicitud	All Assignees	Tipo de institución
2008	2003	UNAM (MX)	U
2005	1997	Genecor Internacional, Inc. (USA) UNAM (MX)	U-FUSA
2004	2000	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN (MX)	U
2004	2001	Instituto Bioclon, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX}
2003	2001	Lemery, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX}
2002	1999	UNAM (MX)	U
2002	1999	Universidad Autónoma de Nuevo León (MX)	U
2000	1997	UNAM (MX) The Regents of the University of California (USA)	U-U _{USA}
1999	1995	Universidad Autónoma de Nuevo León (MX)	U
1997	1990	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (MX)	U
1997	1995	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (MX)	U
1997	1995	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (MX)	U
1996	1995	Grupo Internacional Marc, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX}
1995	1994	UNAM (MX)	U
1995	1992	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (MX)	U
1995	1991	UNAM (MX)	U
1993	1992	Grupo Cydsa, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX}
1993	1991	Seeger Industrial, S.A. (ES) Inamex de Cerveza y Malta, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX} - F _{ES}
1993	1991	Seeger Industrial, S.A. (ES) Inamex de Cerveza y Malta, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX} - F _{ES}
1992	1991	Seeger Industrial, S.A. (ES) Inamex de Cerveza y Malta, S.A. de C.V. (MX)	F _{MX} - F _{ES}
1991	1989	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (MX)	U
1990	1985	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN (MX)	U

Fuente: elaboración propia con base en información de la Oficina de Patentes de los Estados Unidos.

Nota: las patentes incluyen las clasificaciones 424, 435 y 514 referentes a las técnicas biotecnológicas modernas y a la farmacología próxima a las técnicas biotecnológicas. La información que se presenta en esta tabla es producto de bases de datos previas organizadas para cubrir los objetivos del proyecto *University-Enterprise Knowledge Generation and Spillovers. Patents and Technology Transfer in the Bio-Pharmaceutical Sector of Mexico* (Guzmán et al., 2009). Las patentes pueden comprender productos y procesos novedosos relacionados con las aplicaciones biofarmacéuticas, por tanto, algunas de éstas podrían ser propiedad de empresas que estrictamente no se considerarían como parte del sector biofarmacéutico.

Lo que también se observa en este cuadro es la participación de algunas pequeñas empresas como titulares de patentes; además, de que varias de las patentes son conjuntas lo que denota colaboración científica y tecnológica, sobre todo en el ámbito internacional, ya que en todas las patentes conjuntas participa al menos un socio extranjero (una firma y una universidad de Estados Unidos, y una firma española en tres asignaciones). Adicionalmente, es claro que no hay una sola patente internacional como resultado de la cooperación entre organizaciones

mexicanas; situación que se ha convertido en un verdadero desafío tanto para las empresas como para las universidades mexicanas.

Por último, una variable que no puede pasar desapercibida para evaluar la cooperación tecnológica interorganizacional, son los vínculos que establecen las empresas biofarmacéuticas con las universidades o los centros de investigación. Al respecto, la CANIFARMA (2012) establece que “La ausencia de eficaces políticas de articulación y gestión de la innovación y transferencia tecnológica ha inhibido una vinculación fructífera entre la academia y la industria”. Con tal preocupación en mente, este organismo empresarial ha signado acuerdos de colaboración con importantes instituciones del conocimiento para lograr una mayor vinculación, pero orientada a resultados.

Son sobresalientes dos acuerdos generales de vinculación (CANIFARMA, 2012). El primero es un convenio de colaboración entre la UNAM y la CANIFARMA vigente desde 2009, su objetivo central es establecer una base de cooperación, primordialmente, en investigación científica y tecnológica. Llama la atención el hecho de que si de la investigación científica realizada se derivase cierta propiedad intelectual, ésta se otorgará a quienes hayan participado en los proyectos; además, la UNAM estableció el compromiso de elaborar un catálogo de servicios tecnológicos que puedan ser de utilidad para las empresas biofarmacéuticas. El segundo, es un acuerdo de colaboración CONACYT-CANIFARMA, su objetivo es configurar mecanismos de vinculación entre la academia, la industria y el gobierno (federal); lo que impulsó el establecimiento de este acuerdo es la consideración de que el sector biofarmacéutico es considerado como el de mayor intensidad científica y tecnológica en el país. Adicional a los acuerdos generales, algunas firmas del sector, de manera individual mantienen algunos vínculos colaborativos con universidades o con centros de investigación.

En suma, aunque las inversiones en I&D siguen siendo muy reducidas, éstas se han incrementado en los últimos años y se percibe un mayor interés por fortalecer y ampliar los vínculos empresas biofarmacéuticas-instituciones académicas, por lo menos, mediante los acuerdos generales de cooperación. Sin embargo, la interesante y muy dinámica colaboración científica y tecnológica entre las instituciones académicas, nacionales y extranjeras, no se ve reflejada en una colaboración firma-firma o empresa-universidad más intensa. Además, la producción de patentes por parte de las empresas de capital nacional ha sido casi simbólica, esto aunado a que la cooperación registrada a través de las patentes conjuntas es bastante mediocre.

4.3. Probabilidad de que ocurra la cooperación científica y tecnológica en el sector

En esta parte del capítulo, se analizan y utilizan, más específicamente, los datos sobre indicadores que auxilian para evaluar el desempeño de la cooperación tecnológica en las empresas biofarmacéuticas establecidas en México. De este modo, en el siguiente subapartado se explican las fuentes y la naturaleza de los datos; luego, se procede a realizar cálculos sobre probabilidades de ocurrencia de la cooperación tecnológica, particularmente, se obtienen probabilidades binomiales y condicionales para las empresas biofarmacéuticas que colaboran. Por último, auxiliándonos de una examinación cualitativa (enfoque cualitativo de la probabilidad) de las empresas biofarmacéuticas de capital nacional que son exitosas en la innovación y que colaboran tecnológicamente, se deduce la tendencia de la probabilidad de ocurrencia de la cooperación tecnológica en los próximos años.

4.3.1. Metodología

Lo que establece el razonamiento deductivo es que el conocimiento se adquiere por medio de la captura mental de una serie de principios generales, a partir de los cuales se deducen particularidades, que pueden ser o no demostradas objetivamente. El contacto con el mundo exterior no es directo sino que ocurre a través de estructuras previamente establecidas (*a priori*). En tanto que el método inductivo (de inicio)⁷⁴ plantea que el conocimiento parte de observaciones individuales, de las que se establecen generalizaciones cuyo contenido rebasa el de los hechos observados inicialmente (inducción). Las generalizaciones así construidas permiten hacer predicciones específicas (Pérez, 2008: 51-53).

Por lo anterior, la manera en que se presentan las evidencias empíricas en este trabajo van acordes con los planteamientos de la economía institucional contemporánea (se procede deductivamente). Entonces, más que buscar la eficiencia económica a partir de la colaboración tecnológica se busca la suficiencia y lo satisfactorio de este fenómeno, lo que lleva a razonar en términos comparativos respecto a las decisiones tecnológicas que toman las empresas y las universidades.

⁷⁴ Es inductivo, de inicio, porque a medida que se adicionan observaciones individuales y se encuentran copiosamente propiedades comunes a todas esas observaciones, se llega a una etapa en la que pueden hacerse generalizaciones y al establecerse principios universales se pasa a la deducción.

Lo que también es interesante es el hecho de que a partir del análisis empírico se puedan reforzar los planteamientos teóricos institucionales. Por tanto, no tiene por qué observarse una relación biunívoca, más bien lo que puede suceder es que algunos principios teóricos se confirmen y otros no, porque además, para la construcción del conocimiento abstracto existe la necesidad de que se cumplan ciertas condiciones iniciales, y si éstas no están presentes pues no se sabrá si se confirman.

Pues bien, aunque la colaboración entre las empresas y de empresas con universidades es una estrategia importante en la búsqueda de un mayor nivel competitivo en los mercados, ésta sigue siendo una práctica poco común en las economías en desarrollo. Debido a esta escasez, en las bases de datos estadísticos no existe información consistente y especializada para medir y monitorear el desempeño de las empresas que hacen uso de estas estrategias. Por eso, en el presente trabajo se utiliza la combinación de mecanismos cuantitativos y cualitativos para mostrar algunas evidencias de la colaboración tecnológica.

Así, algunos indicadores que son útiles para explicar la colaboración tecnológica y científica, en esta parte, están constituidos por la publicación de artículos científicos conjuntos en los que participan al menos dos investigadores o científicos adscritos cada uno a organizaciones diferentes y las patentes obtenidas de la base del IMPI.

Los artículos científicos y las patentes son importantes porque de acuerdo con Breschi et al. (2005), al referirse al ‘efecto de productividad combinada’, sugieren que estas variables son aproximaciones de la productividad de los científicos. Asimismo, las patentes juegan un papel creciente en la producción de los investigadores académicos y, en ocasiones, representan su primer movimiento hacia el emprendizaje; aunque un número significativo de las publicaciones científicas en la actualidad emanan de los investigadores industriales, las patentes concedidas representan valor, así como evidencia de productividad⁷⁵ (Ducor, 2000: 873).

La base de la cual se obtienen las principales características de las publicaciones es la versión en línea del *Science Citation Index* (del ISI) del que se recogieron datos de los siguientes campos de conocimiento: biotecnología, farmacología, inmunología y biología molecular; todos

⁷⁵ Sin embargo, una limitación de estos indicadores es que no se toman en cuenta otros mecanismos de transferencia de tecnología o conocimiento que surgen a partir de los convenios generales de colaboración firmados por las oficinas de transferencia de tecnología. De hecho, puede haber una cantidad importante de transferencia de conocimiento de las ciencias sociales y administrativas que no se limita a las publicaciones y menos a las patentes (Castro et al., 2008).

ellos, son campos del conocimiento base del sector biofarmacéutico. Las características principales que se consideraron es que sean investigadores mexicanos o extranjeros que trabajen para organizaciones mexicanas; en efecto, los criterios de búsqueda por campo de conocimiento en el *ISI* fueron: institución mexicana, universidad mexicana, centro de investigación mexicano, compañía mexicana y compañía extranjera en México (véase tabla 11).

Tabla 11. Ejemplo de los datos obtenidos del ISI

Autor principal:	Jiménez-Zepeda VH
Otros autores:	Domínguez VJ
Revista o Journal:	<i>Annals of Hematology, New York, USA.</i>
Adscripciones de los investigadores:	Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubiran, Departamento de Hematología y Oncología, DF, México.
Citas:	6

Fuente: elaboración con base en el *ISI*.

Es importante notar que mientras se hacen esfuerzos para contar las co-autorías y clasificar las organizaciones de manera consistente, estos procedimientos y definiciones son un tanto arbitrarios; ya que una característica importante de la información disponible es que no siempre es claro a qué categoría pertenecen las organizaciones (Cockburn y Henderson, 1998).

Como datos e información adicional que nos permite identificar si las empresas hacen inversiones en I&D y si tienen algún tipo de vínculo científico y tecnológico con otras firmas o con las universidades y/o centros de investigación, se revisaron las páginas electrónicas de las empresas farmacéuticas registradas en la CANIFARMA y las que forman parte de la AMIIF y, algunas publicaciones (como Gómez y Rico, 2008; Corona, 2006) que ayudaron a seleccionar a las empresas (fundamentalmente relacionadas con la biotecnología) que realizan investigación tecnológica y científica de manera conjunta.

De lo anterior se desprende que se detectaron 47 firmas (de aproximadamente 100 farmacéuticas) que llevan a cabo actividades que se enmarcan en las técnicas biotecnológicas modernas y farmacéuticas a la vez. De este conjunto, 19 empresas registran algún tipo de vínculo científico y tecnológico con alguna universidad o centro de investigación nacional; asimismo, de las 47 sólo 9 compañías han publicado en colaboración por lo menos un artículo científico, y finalmente, sólo 14 empresas transnacionales poseen al menos una patente de producto, en tanto que otras 4 firmas tienen al menos una patente de proceso. Estos datos servirán de base para calcular en el siguiente apartado las probabilidades binomiales y condicionales.

En lo que se refiere a las fuentes de índole más cualitativa (para un enfoque cualitativo de la probabilidad), en el institucionalismo, la demostración empírica no se limita a los métodos cuantitativos y estadísticos, sino que puede incluir estudios de caso, pruebas documentales, entre otros. En este sentido, Rutherford retoma a Clark (1927) de la siguiente manera:

“La economía debe entrar en contacto más estrecho con los hechos y adoptar rangos más generales de información de lo que la economía ‘ortodoxa’ ha hecho hasta ahora. Debe establecer contacto con estos datos, o volviéndose más inductiva, o verificando mucho los resultados, o aceptando los resultados acreditados por los especialistas de otros campos... Así, todo el movimiento moderno puede interpretarse como la demanda por el procedimiento que parece ser el más adecuadamente científico” (Rutherford, 2003: 19).

En efecto, mediante un ejercicio heurístico por medio del análisis de trabajos publicados, que en principio pueden parecer dispersos, es factible obtener una idea de la tendencia que sigue la colaboración científica-tecnológica en el sector biofarmacéutico del país. No se trata de muestreos aleatorios y estadísticamente representativos, más bien se trata de textos que documentan casos en los que se ha realizado algún tipo de colaboración tecnológica en el sector biofarmacéutico y que nos dan una idea de lo que puede suceder en el futuro.

La tabla 12 resume los dos modos fundamentales de obtener evidencias empíricas en este trabajo, en términos metodológicos esto se asemeja a la utilización de un enfoque mixto definido por Hernández et al. (2007: 752-764) como un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio para responder al planteamiento del problema. La presentación de la información se parece a la aplicación del enfoque en dos etapas (primero cuantitativa y luego cualitativa, cada cual con sus respectivos datos); las ventajas más sobresalientes de este método son:

Tabla 12. Estrategias para encontrar evidencia empírica de la cooperación tecnológica y científica interfirma y empresa-universidad

Mecanismo	Finalidad
Selección de publicaciones y patentes como resultado de la colaboración.	Identificar a las firmas biofarma y a las universidades que colaboran para publicar y patentar, tomando a esta estrategia como un indicador adicional de la competitividad tecnológica y científica de las firmas.
Revisión de las páginas electrónicas de las empresas farmacéuticas	Valorar, a partir de las propias empresas establecidas en México, la importancia de la inversión en I&D y de la colaboración tecnológica (vínculos).
Análisis de índole más cualitativa	Revisar los trabajos académicos que abordan la colaboración tecnológica y científica firma-firma y firma-universidad en retrospectiva e identificar las principales tendencias tecnológicas que se registran en el sector.

Elaboración propia.

- i. se logra una perspectiva más precisa del fenómeno, la percepción de éste es más integral, completa y holística.
- ii. La multiplicidad de observaciones produce datos con mayor valor, ya que se consideran diversas fuentes y tipos de datos, contextos o ambientes y análisis.
- iii. Al combinar métodos, se incrementa no sólo la posibilidad de ampliar las dimensiones de la investigación, sino que el entendimiento es mayor, a pesar de la escasa información.
- iv. Los métodos mixtos pueden apoyar con más solidez las inferencias científicas⁷⁶.

El análisis de la situación que guarda la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico de México será complementado con algunas reflexiones sobre algunos indicadores de los capítulos anteriores, por ejemplo, la diferencia entre las firmas transnacionales y las de capital nacional, la relación entre la transferencia de tecnología y la cooperación tecnológica; así como el alcance comercial (estas relaciones se encuentran en el apartado 4.3).

Sintetizando, por las características de los datos y la información requerida para mostrar evidencias empíricas de la colaboración tecnológica en las empresas biofarmacéuticas establecidas en México, el cálculo de probabilidades se auxilia de un enfoque mixto con la utilización de datos cuantitativos y cualitativos. Particularmente, se usan indicadores de co-patentes y co-publicaciones, información de las páginas electrónicas de las firmas, análisis de contenido de investigaciones previas sobre estudios de caso y resultados de una encuesta a los investigadores académicos.

4.3.2. Probabilidades de cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico

Cuatro variables, fundamentales, que se toman en consideración para mostrar el estado de la colaboración científica-tecnológica interfirma y empresa-universidad en la industria biofarmacéutica mexicana (probabilidades condicionales) son: los esfuerzos en I+D como una condición necesaria para la formación de capacidades científicas y tecnológicas internas; los vínculos empresa-universidad o centro público de investigación, como una condición para el aprovechamiento de las capacidades existentes en el exterior; las publicaciones científicas en el

⁷⁶ Sin embargo, dentro de los retos que implica el enfoque mixto es que el investigador debe poseer entrenamiento en ambos; además, la investigación mixta requiere más tiempo para manejar extensos volúmenes de datos y efectuar diversos análisis (Hernández et al., 2007: 757-758). Al respecto, dos limitaciones de este trabajo es que, por el lado cuantitativo, no se cuenta con amplias bases de datos para llevar a cabo un análisis cuantitativo más fino y, por el lado cualitativo, el fenómeno de la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad ha sido poco estudiado en México, aunado a que la información que se requiere para profundizar en este tipo de estudios es muy difícil de obtener, sobre todo del lado empresarial.

ISI como un factor de competitividad investigativa internacional; y, las patentes nacionales e internacionales como una aproximación a la innovación tecnológica de las empresas.

Puede existir una relación de causalidad entre las variables señaladas, pues no puede darse la colaboración sin antes desarrollar capacidades de absorción, y no puede haber publicaciones conjuntas y patentes si previamente no se colabora en investigación científica y tecnológica.

Cuadro 9. Características científicas y tecnológicas de las firmas biofarmacéuticas que cuentan con patentes de producto otorgadas por el IMPI, 2010

No.	Empresa	I+D (SI=1, NO=0)	VUCI* en México (SI=1, NO=0)	Artículos en el ISI	No. de patentes	Procedencia del capital
1	Abbott de México S.A. de C.V.	1	0	1	15	Multinacional
2	AMGEN	1	1	0	1	Multinacional
3	Boehringer Ingelheim Promeco	1	0	0	8	Multinacional
4	Genoma Lab (Grupo Roche Sintex de México)	1	1	0	7	Multinacional
5	Genzyme México S. de R.L. de C.V.	1	1	0	1	Multinacional
6	JANSSEN-CILAG	1	0	0	2	Multinacional
7	Merck Sharp & Dohme	1	0	0	7	Multinacional
8	Novartis	1	1	1	20	Multinacional
9	Organon (Schering Plough)	1	1	2	8	Multinacional
10	Pfizer	1	1	0	11	Multinacional
11	Sanofi-aventis México	0	0	3	11	Multinacional
12	TEVA-México	1	1	0	1	Multinacional
13	UPJOHN S.A.	0	0	0	4	Multinacional
14	Wyeth S.A. de C.V.	1	0	0	4	Multinacional
	Total	12	7	7	100	

Fuente: elaboración propia con base en la revisión de las páginas electrónicas de las empresas consideradas como biofarmacéuticas por los productos que venden, bases del ISI e IMPI (2009).

Nota: las patentes que son consideradas de la base del IMPI (2009), en sentido estricto, se refieren a productos farmacéuticos desarrollados con técnicas biotecnológicas modernas; por lo tanto, dentro de esta base puede haber muchas otras patentes (a partir de compuestos químicos) que no se toman en cuenta. * Se refiere a los vínculos con una universidad o centro de investigación.

En el cuadro 9 se encuentran algunas de las firmas farmacéuticas que llevan a cabo actividades biotecnológicas en México⁷⁷; esto de acuerdo a la información disponible en sus páginas electrónicas. Estas mismas compañías (todas filiales de multinacionales) son depositarias de todas las patentes vigentes de productos biofarmacéuticos, área de patentamiento en la que las pequeñas empresas nacionales están fuera de la competencia. Sin embargo, algo que puede resultar muy claro y que corrobora los planteamientos teóricos y empíricos previos es que estas

⁷⁷ Aunque el contenido de este trabajo, en general, ha justificado la existencia de un sector biofarmacéutico en el mundo y en México, dos hechos específicos caracterizan a las empresas asentadas en este país: 1) la mayoría de las multinacionales realizan sus actividades de I&D fuera; 2) muy pocas firmas de capital nacional van a la vanguardia tecnológica; por tanto, el sector biofarmacéutico en México termina estando muy acotado.

empresas realizan actividades de I&D en México (según la AMIIF), mantienen vínculos crecientes con universidades y centros de investigación en México y, aproximadamente, una tercera parte de ellas ha publicado artículos científicos en el *ISI* en colaboración con alguna organización mexicana. También es muy nítido el papel sobresaliente de Novartis, Abbott de México, Pfizer y Sanofi-aventis México, respectivamente; todas forman parte de la AMIIF.

Quizá una de las razones por la que las firmas transnacionales controlen prácticamente todas las patentes de producto es porque el sistema de propiedad intelectual en México es muy benevolente con los intereses comerciales de estas empresas, por ejemplo, a principios de los 2000 cuando se intentó hacer reformas al sistema de propiedad intelectual emulando las reformas exitosas llevadas a cabo en Brasil, los principales actores políticos relacionados con estos asuntos y con el rubro de la salud terminaron cediendo ante las presiones de las firmas transnacionales que en cierta forma se amparan en los preceptos de los ADPIC y del TLCAN, de tal manera que el licenciamiento obligatorio ante las emergencias sanitarias se relajó e incluso estas empresas mediante ciertas prácticas logran extender el período de vigencia de las patentes (Shadlen, 2007).

El hecho de que buena parte de las filiales de empresas multinacionales en México tengan una participación activa en las actividades científicas y tecnológicas, anteriormente mencionadas, se debe en parte a la intensa competencia intrafirma que actualmente se libra en el mundo. Por eso, es cada vez más frecuente el registro de vínculos con organizaciones de investigación en los países en desarrollo y las inversiones en I&D en los países en los que hay alguna filial de las multinacionales. Ante esta situación, si se busca que la cooperación industria-universidad propicie una mayor competitividad de los mercados, la tolerancia y promoción de la colaboración con las multinacionales podría provocar una mayor concentración industrial.

Contrario a lo que sucede con las filiales de las multinacionales, las pequeñas firmas nacionales, se especializan en los procesos biofarmacéuticos (bioprocesos), en cuanto al patentamiento se refiere (véase cuadro 10). Aunque la información es insuficiente para establecer relaciones de causalidad, es muy claro que para la existencia de vínculos (cooperación) con alguna universidad o centro de investigación en México, es una condición necesaria la inversión *a priori* en I&D interna. No obstante, la cantidad de patentes otorgadas por el IMPI a las firmas de capital nacional sólo representa el 8% de las patentes vigentes otorgadas a las filiales de las multinacionales.

Cuadro 10. Características científicas y tecnológicas de las firmas biofarmacéuticas que cuentan con patentes de proceso otorgadas por el IMPI, 2010

No.	Empresa	I&D (SI=1, NO=0)	VUCI* en México (SI=1, NO=0)	Artículos en el ISI	No. de patentes ⁷⁸	Origen del capital
1	Fermic S.A. de C.V.	1	0	0	4	Nacional
2	Instituto Bioclon S.A. de C.V.	1	1	0	1	Nacional
3	Laboratorios Silanes	1	1	2	2	Nacional
4	Lemery-TEVA México S.A. de C.V.	1	1	2	1	Filial
	Total	4	3	4	8	

Fuente: elaboración propia con base en la revisión de las páginas electrónicas de las empresas consideradas como biofarmacéuticas por los productos que venden, bases del *ISI* e *IMPI* (2009).

Nota: las patentes que son consideradas de la base del IMPI (2009), en sentido estricto, se refieren a procesos farmacéuticos desarrollados con técnicas biotecnológicas; por lo tanto, dentro de esta base puede haber muchas otras patentes (a partir de compuestos químicos) que no se toman en cuenta. * Se refiere a los vínculos con una universidad o centro de investigación.

4.3.2.1. Probabilidad binomial y condicional para las firmas biofarmacéuticas que realizan actividades de colaboración científica y tecnológica

Los datos resumidos en el cuadro 11, serán de utilidad para que en seguida se proceda a realizar los cálculos, tanto de las probabilidades binomiales como de las probabilidades condicionales que se muestran en el cuadro 13, así como en la tabla 13.

Cuadro 11. Características tecnológicas de las firmas biofarmacéuticas en México, 2010

	Total	% en las biofarma	% aprox. del total
Empresas farmacéuticas que hacen uso de técnicas biotecnológicas modernas	47	100	47
Firmas que mantienen vínculos con alguna universidad o centro de investigación	19	40.42	19
Empresas que han publicado al menos un artículo científico en Colaboración	9	19.15	9
Firmas que poseen al menos una patente vigente de Producto	14	29.79	14
Empresas que tienen al menos una patente vigente de Proceso	4	8.51	4

Fuente: elaboración con base en cuadros 9 y 10.

A partir de los datos anteriores, las probabilidades de ocurrencia de mantener vínculos con la universidad o los centros de investigación es 0.4, de haber publicado un artículo científico en colaboración es 0.2, y de poseer al menos una patente de producto vigente es 0.3. Si

⁷⁸ Además de las firmas señaladas en este cuadro, las firmas locales Laboratorios Hormona S.A. de C.V., Laboratorios Silanes, Protein S.A. de C.V. y Psicofarma S.A. de C.V., cuentan con una licencia de explotación respectivamente. Asimismo, de las dos patentes con las que cuenta Laboratorios Silanes, una es en colaboración con el Instituto de Investigaciones en Química S. C.

denominamos tales eventos como éxitos, y sus residuos como fracasos, entonces, podemos manipular los datos en términos de una distribución probabilística binomial. La forma general para calcular la probabilidad de un número específico de éxitos (x) es:

$$P(x/n,p) = nCx (p)^x (q)^{n-x}, \text{ donde:}$$

P es la probabilidad de ocurrencia del evento (x),

n es el número de empresas biofarmacéuticas,

x cantidad de éxitos (firmas teniendo vínculos con la universidad, publicando en el *ISI* y siendo poseedoras de patentes de producto),

p es la probabilidad de obtener éxito en un experimento,

q equivale a $1-p$.

Los datos que servirán de insumo para el cálculo de las probabilidades binomiales, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 12. Probabilidad de éxito en realizar actividades científicas y tecnológicas específicas

N	X	P	$E(x)=np$	$V(x)=npq$	σ
47	19 (vínculos)	0.4	18.8	11.28	3.36
47	9 (artículo)	0.2	9.4	7.52	2.74
47	14 (patente-producto)	0.3	14.1	9.87	3.14

Fuente: elaboración propia.

Sustituyendo los valores anteriores en la forma de la distribución binomial y realizando el ejercicio para tres cantidades específicas, se obtiene la siguiente matriz de probabilidad binomial:

Cuadro 13. Matriz binomial

	P de que 20 firmas	P de que 24 firmas	P de que 35 firmas
Colaboren de algún modo con una universidad o centro de investigación	0.1098	0.0358	0.000001343
Hayan publicado al menos un artículo científico en colaboración	0.0002475	0.0000016	1.23×10^{-15}
Posean al menos una patentes de producto otorgada por el IMPI	0.022368	0.001246	3.62×10^{-10}

Elaboración propia.

Como se observa en la matriz, con excepción del resultado que se obtiene para que la mitad de las firmas colaboren científica y tecnológicamente con alguna universidad o centro de investigación, la probabilidad de la publicación de artículos científicos y de la asignación de patentes de producto se encuentran lejos aún del 1%. Asimismo, la probabilidad de que 75% de empresas biofarmacéuticas colaboren con la universidad, publiquen al menos un artículo científico en colaboración y obtengan una patente de producto es, prácticamente, nula.

Adicionalmente, si se realizara el mismo ejercicio considerando, por un lado, a las filiales de las multinacionales y por el otro, a las firmas nacionales, los resultados serían todavía más desalentadores. No obstante, esta es la realidad del sector biofarmacéutico nacional.

Tabla 13. Probabilidades condicionales de la cooperación científico-tecnológica en el sector biofarmacéutico

<i>Modalidad de la probabilidad</i>	<i>Sólo para empresas con patente de producto</i>	<i>Para firmas con patente de producto y proceso</i>
Probabilidad de que una empresa tenga al menos una patente habiendo publicado al menos un artículo en colaboración	0.30	0.34
Probabilidad de que una empresa tenga al menos una patente y posea vínculos colaborativos con una universidad o centro de investigación	0.50	0.55
Probabilidad de que una empresa posea al menos una patente y que haya a la vez: 1) publicado un artículo, y 2) tenga vínculos colaborativos con la universidad	0.15	0.19

Fuente: elaboración con base a los cuadros 9 y 10.

Nota: si se desea saber sobre la forma en cómo son calculadas las probabilidades condicionales, se recomienda revisar el apéndice 2 que aparece al final del trabajo.

Las conclusiones que se pueden obtener de la tabla 13 son: A) se esperaría que la probabilidad de patentar dado que ya se publicó previamente (0.3), fuera más elevada; sin embargo, parece que no hay una relación muy estrecha, y esto puede ser consecuencia de dos cosas, por un lado, si bien las publicaciones y el patentamiento son dos actividades que reflejan la productividad derivada de las inversiones en I&D, las empresas no necesariamente publican antes de patentar (podría suceder lo contrario), entonces, puede que hagan una u otra cosa; por el otro lado, como la mayoría de las patentes que se poseen pertenecen a firmas de capital extranjero, es muy probable que el grueso de sus publicaciones que son el antecedente inmediato de sus patentes se registre como producción científica en sus respectivos países de origen. En este sentido, el hecho de que esa probabilidad se incremente a 0.34 cuando se consideran todas las empresas que patentan (adicionando las 4 de capital nacional que poseen patentes vigentes de proceso), da indicios de que, efectivamente, influye la situación de realizar la mayor parte de la actividad científica fuera de México, esto debido a que el resultado de patentar dado que ya se publicó (en las firmas nacionales) contribuye para que se incremente la probabilidad.

Respecto a la segunda modalidad de probabilidad de la tabla, es decir, el inciso B) es claro que la posibilidad de tener una patente, toda vez que se poseen vínculos colaborativos con la universidad o centros de investigación, es mayor que la anterior al ubicarse en 0.5, y ésta

nuevamente aumenta a 0.55 si se considera a todas las empresas. Este resultado sugiere que para las empresas biofarmacéuticas, establecidas en México, podría ser más importante participar en acuerdos de cooperación tecnológica con la academia antes de esforzarse por publicar los resultados de sus propias investigaciones de frontera; ello implica que las firmas son más perseverantes en aprovechar el conocimiento externo para llevar a cabo innovaciones posteriores.

Por último, inciso C), la probabilidad de que se observe una relación causal entre la colaboración científico-tecnológica de las empresas biofarmacéuticas con la academia, la publicación de artículos científicos en el *ISI* y la posesión de una patente por parte de las empresas, es muy pequeña, de apenas 0.15 para las firmas que tienen únicamente patentes de producto, y se eleva ligeramente a 0.19 si se considera tanto a las empresas con patente de producto como a las que cuentan con patentes de proceso. Estos resultados, vienen a corroborar que, en general, hay una infravaloración del uso del conocimiento científico como un insumo indispensable para potencializar las capacidades de lograr mayores innovaciones (patentes) en las empresas biofarmacéuticas establecidas en nuestro país.

No obstante, la utilidad de los datos e indicadores hasta ahora utilizados para analizar la potencialización de la actividad innovativa como efecto de la colaboración tecnológica interorganizacional; los elementos presentados son insuficientes para entender a mayor profundidad la dinámica colaborativa; por tal motivo, en el siguiente apartado se presenta una valoración más cualitativa de la cooperación registrada en el sector biofarmacéutico.

4.3.3. Empresas biofarmacéuticas mexicanas exitosas que colaboran tecnológicamente (análisis cualitativo)

Aunque pueda ser objeto de controversia, en los enfoques de la probabilidad (en este caso el subjetivo) hay lugar para que en función de ciertos acontecimientos observados en el pasado, las tendencias registradas por medio de análisis cuantitativos o cualitativos previos, y por lo que ahora se está haciendo para influir sobre el comportamiento de ciertas variables; es preciso reconocer que podría darse una valoración subjetiva de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno que esté en estudio. Entonces, en las próximas líneas se analizan algunas características adicionales de las empresas biofarmacéuticas establecidas en México que permiten delinear una tendencia probable de la colaboración tecnológica en este sector en los años subsecuentes.

De manera complementaria a las capacidades científico-tecnológicas con las que cuentan las pequeñas firmas de capital nacional, referidas en los apartados anteriores de este capítulo, y de acuerdo con otros trabajos de publicación reciente, existe otro grupo reducido de empresas biofarmacéuticas de capital nacional que, de manera progresiva, han desarrollado capacidades-habilidades para la generación de investigación básica, particularmente, incorporando técnicas biotecnológicas modernas. Las empresas señaladas como casos exitosos de desarrollo de capacidades-habilidades innovativas internas son: Probiomed, Instituto Bioclon-Laboratorios Silanes, Senosiain y Laboratorios Sophia (Santiago y Alcorta, 2008; Zúñiga et al., 2007; Gómez y Rico, 2008). De hecho, estas firmas han realizado esfuerzos importantes en desarrollar capacidades científicas y tecnológicas mediante la combinación del fortalecimiento interno y la colaboración con la academia, esa estrategia les ha permitido lograr innovaciones importantes con productos farmacéuticos, en algunos casos, únicos en el mundo.

Otras pequeñas empresas biofarmacéuticas que han pretendido imitar al grupo anterior desde finales de los 1990 se componen por Laboratorios Chemia, Galen y, Helber de México, Laboratorios Fustery y Laboratorios Hormona; no obstante, estas firmas no han logrado el mismo éxito (Gómez y Rico, 2008). Como quiera que sea, se puede rescatar una lección relevante a partir de la teoría evolucionista; así pues, Axelrod y Hamilton (1981), y Axelrod (1984) sostienen que en la medida que unos agentes (empresas) observen a otros que cotidianamente colaboran y obtienen mejores resultados, la estrategia colaborativa puede expandirse porque los vecinos a los agentes que conforman un grupo (empresas de una industria) comenzarán a imitar las estrategias exitosas.

A pesar de que los resultados parecen sugerir que el argumento de Axelrod y Hamilton no se cumple, quizá las mismas dimensiones de las firmas participantes y los esfuerzos no sean suficientes. Por consiguiente, es probable que previo a vincularse fuertemente con las instituciones del conocimiento, las pequeñas empresas necesiten colaborar entre ellas para construir las capacidades-habilidades mínimas para poder interactuar⁷⁹.

⁷⁹ También, es preciso agregar que en estas fases de despegue se requiere el compromiso de un tercer agente (gobierno) que contribuya, sobre todo, con recursos para concluir los proyectos emprendidos por este tipo de empresas y luego garantizar condiciones institucionales para escalar industrialmente los descubrimientos (infraestructura de salud pública), y finalmente garantizar compras gubernamentales mínimas para la sobrevivencia y el crecimiento. En este sentido, el gobierno podría ser un agente complementario para llevar a buen término los esfuerzos innovativos iniciados por las propias pequeñas empresas.

Las pocas empresas biofarmacéuticas locales que se mantienen activas en la actividad investigativa e innovativa han establecido fuertes vínculos de colaboración científica-tecnológica con las universidades y los centros públicos de investigación. En consecuencia, una alternativa para incrementar las capacidades de absorción del conocimiento y mejorar el desempeño competitivo es aumentar y profundizar en los vínculos industria-academia.

Por ejemplo, la firma Médica Sur con la finalidad de mantenerse en el mercado y de mejorar su nivel competitivo, en colaboración con otras firmas y aprovechando los incentivos gubernamentales, se ha involucrado fuertemente en la innovación considerada como una actividad indispensable para la competitividad que no se logra de manera aislada sino colaborando⁸⁰. Lo que impulsó a Médica Sur para buscar alianzas estratégicas en innovación fue la continua necesidad de desarrollar varios proyectos que se habían iniciado en colaboración con tres centros de investigación del CONACYT en 2005-2006 (Tecuanhuey, 2008).

Si se hace un recuento de las firmas biofarmacéuticas nacionales que están realizando esfuerzos importantes en el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas, se llega a contabilizar hasta 13 empresas (*Fermic, Silanes-Bioclon, Laboratorios Hormona, Protein, Psicofarma, Probiomed, Senosiain, Laboratorios Sophia, Laboratorios Chemia, Galen, Helber de México, Laboratorios Fustery, Médica Sur*); la mayoría pequeñas y algunas de las cuales han logrado patentes en medicamentos a base de las técnicas biotecnológicas modernas. Esta cantidad representa casi el 28% de las 47 empresas que se consideran como activas en la realización de actividades auténticamente biofarmacéuticas en México. Sin embargo, actualizando la información hasta principios de 2012, las 13 empresas se reducen a 8 ya que 5 del grupo han sido adquiridas por otras firmas o se han fusionado. De este modo, Protein S.A. de C.V. fue adquirida por la farmacéutica canadiense *Laboratorios Apotex*; Laboratorios Fustery S.A. de C.V. fue adquirida por *Ivax holding farmacéutico* a su vez adquirido por la transnacional *TEVA*; en tanto que Laboratorios Chemia S.A. de C.V., Helber de México y Galen S.A. se fusionaron con *Probiomed* desde que comenzaron los 2000.

Aunque varias de las 8 firmas mantienen vínculos muy estrechos con la academia, los vínculos colaborativos entre ellas son esporádicos o no existen (véase tabla 14); en cambio esto

⁸⁰ Médica Sur participa en la Red de Innovación en Tecnología Educativa para el Sector Salud –Consortio CONACYT–, cuyo objetivo es promover la formación de alianzas estratégicas y redes de innovación para elevar la competitividad de los sectores productivos del país a través de la construcción de capacidades, la formación de recursos humanos y la vinculación empresas-instituciones del conocimiento (Tecuanhuey, 2008).

da la pauta para establecer que si se pensase en una política industrial selectiva que promoviera a las empresas intensivas en conocimiento y tecnología, la consolidación (ampliación de la capacidad productiva y de crecimiento) de este grupo de empresas podría considerarse como una

Tabla 14. Principales características de las 8 empresas biofarmacéuticas de capital nacional

Empresa	Ámbito comercial	Principales productos	Aspectos sobresalientes de sus actividades en I&D
<i>FERMIC</i>	Nacional	Antibióticos, agentes anticolésterol, enzimas.	Cuenta con departamento de I&D para el desarrollo y mejoramiento de productos biológicos, por medio de la fermentación. Manufactura productos biotecnológicos.
<i>Laboratorios Hormona</i>	Nacional, salud pública	Antibióticos, analgésicos, cardiovasculares, etc.	Realiza importantes inversiones en el campo de la investigación farmacéutica.
<i>Laboratorios Senosiain S.A. de C.V.</i>	Nacional	Químicos básicos, farmacéuticos y preparaciones farma.	Sin información.
<i>Laboratorios Sophia</i>	Internacional	Más de 15 medicamentos para el cuidado de los ojos.	Líder en investigación e innovación de medicamentos oftálmicos, hace inversiones en I&D, cuenta con su propio departamento de I&D y ha recibido diversos premios y reconocimientos por su actividad tecnológica y científica.
<i>Médica Sur</i>	Nacional	Realización de pruebas clínicas y servicios de hospital.	Realiza investigación biomédica y tiene un centro de investigación farmacológica y biotecnológica. Hace esfuerzos de investigación para mejorar las técnicas de detección de enfermedades (gastroenterología, resonancia magnética, radioterapia y cirugía). Tiene convenios de colaboración con: <i>Harvard University</i> , Universidad de Bonn, de Ulm y Leipzig en Alemania; Conacyt, SNI y Facultad de Medicina-UNAM.
<i>Psicofarma-del grupo Neolpharma</i>	Internacional	Antidepresivos, antiepilépticos, ansiolíticos, antiparkinsonianos, etc.	Tiene su propio departamento de I&D y destina el 10% de sus ventas totales a la I&D. Desde 2005 colabora en el Proyecto Vallejo que contempla una inversión de cerca de 40 millones de dólares para producir fármacos de última generación, cuenta con patentes como el <i>Adepsiique</i> . Tiene nexos con el Instituto Nacional de Cancerología para el desarrollo de la genómica, colabora en investigación con el Instituto Mexicano de Psiquiatría, el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía; y con el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM.
<i>Probiomed</i>	Internacional	Diversos medicamentos de última generación. Cuenta con el número más amplio de proteínas recombinantes en el mundo.	Para su desarrollo tecnológico tiene alianzas con la academia, tanto nacional como internacional; así, la firma mantiene vínculos con el Conacyt, la UNAM, el Cinvestav, la UAEM-Morelos, la UANL y el CDC de Atlanta-Georgia. El objetivo es identificar y apoyar proyectos biotecnológicos y de bioingeniería, para desarrollar fármacos novedosos. La empresa es pionera en la tecnología del ADN recombinante en el país. Asimismo, realiza importantes esfuerzos en investigación básica.
<i>Silanes-Bioclon</i>	Internacional	Farmacéuticos para la tuberculosis, la diabetes, el dolor y vitamínicos. Faboterápicos (tercera generación de antivenenos) únicos a nivel mundial.	Destina hasta el 25% de sus ventas para la I&D, cuenta con un laboratorio de biología molecular (para proteínas recombinantes, cultivos celulares, ensayos inmunoenzimáticos) e incursiona en el área de la genómica. Genera sus propias patentes y es la única empresa mexicana con la designación de "droga huérfana" (inexistencia de alguna droga para tratar un padecimiento específico), por parte de la <i>FDA</i> , para tres de sus productos. La parte de Silanes mantiene vínculos con la UNAM, la Fundación Mexicana para la Salud, el Instituto Nacional de Nutrición y la Clínica Joslin de Boston. El Instituto Bioclon colabora con la UAEM-Morelos, la UANL, el Octolab-Veracruz, el <i>Institute de la Recherche pour le Developement</i> de Francia, la <i>Arizona University</i> , y el <i>Arizona Poison & Drug Information Center</i> .

Fuente: elaboración con base en información proporcionada por las páginas electrónicas de las empresas.

buena plataforma de arranque, pensando en que a mediano o largo plazo esa cantidad por lo menos tendría que duplicarse para lograr una mayor competitividad internacional de las firmas biofarmacéuticas de capital nacional.

Una cuestión adicional que puede favorecer a las pequeñas firmas nacionales es que pese al dominio de las multinacionales en el mercado farmacéutico de mayor valor en México, la expansión de la subcontratación y la internacionalización de la investigación clínica por estas empresas abre nuevas oportunidades para el despliegue de los tratamientos en varios países en desarrollo. Una estrategia adecuada de estas empresas podría ser posicionar a los nuevos productos en los mercados prospectivos, así como interactuar con las organizaciones locales. En este sentido, México cuenta con infraestructura de investigación con buen capital reputacional que puede aprovecharse, y es que la vinculación con las organizaciones públicas ahorra a las empresas la necesidad de crear departamentos internos para la innovación (Santiago, 2008).

Además de los aspectos anteriores que permiten pensar en que la probabilidad de alcanzar mejores resultados innovativos en las empresas biofarmacéuticas de capital nacional, se incrementará en los próximos años, tres factores se suman para redondear esta prospectiva. En primer lugar, de acuerdo con Guzmán y Guzmán (2009) y CANIFARMA (2012), se han venido incrementando las inversiones en I&D en el sector biofarmacéutico.

En segundo lugar, cada vez hay mayor conciencia de incrementar los vínculos colaborativos entre las empresas biofarmacéuticas y las universidades y/o centros de investigación. Por ejemplo, las firmas afiliadas a la CANIFARMA y a la AMIIF participan en acuerdos generales de colaboración con la academia. También, algunas pequeñas empresas están en la mirada de otras grandes para ser adquiridas o fusionadas, como la empresa Lemery que fue adquirida por la transnacional TEVA.

Tercero, si se toma en cuenta el creciente acercamiento de la industria y la academia, la probabilidad de publicaciones conjuntas es muy baja; mientras que la probabilidad de obtener la concesión de una patente dado que ya se han establecido vínculos con la academia es más alta. Tal situación se fortalece porque en las universidades y en los centros públicos de investigación se ha ido consolidando la convicción de adherir la función de apoyar al desarrollo de los países y las regiones, por lo que ahora se fomenta mucho el emprendizaje.

Sin embargo, las tendencias generales de la cooperación tecnológica empresa-universidad en la biotecnología farmacéutica desde la perspectiva de los científicos académicos son: aún

existe un sesgo nítido hacia la investigación básica; la probabilidad de que un científico colabore en investigación con una empresa se mantiene muy baja⁸¹; la principal fuente de financiamiento de la investigación es el CONACYT y las propias instituciones; se otorga poca importancia a las patentes como insumos de la investigación académica. Además, aunque se observa un espíritu colaborativo en la investigación se requiere que éste se extienda a las empresas; por último, lo que impide un mejor desempeño innovativo es el subdesarrollo del mercado doméstico y la insuficiencia de capital de riesgo (Guzmán y García, 2009).

Concluyendo, después de este panorama de lo que sucede con las pequeñas firmas biofarmacéuticas de capital nacional, por diversas estrategias que han seguido tanto las empresas (a veces con el apoyo del gobierno) como las universidades, se puede decir que la probabilidad de que se observe algún tipo de colaboración tecnológica entre las empresas de este sector y la academia se incrementará en el futuro; no obstante, para que esa mayor colaboración se refleje en una verdadera ventaja competitiva (tecnológica) del sector biofarmacéutico parece que es más conveniente la consolidación de los vínculos de las universidades y los centros de investigación con las pequeñas firmas de capital nacional, ello implica que deben fortalecerse los esfuerzos de los actores que convergen en la industria hacia la ampliación de las capacidades y el alcance de las firmas nacionales que puedan ser competitivas a nivel internacional.

4.4. Análisis de resultados: factores que pueden explicar el nivel de la cooperación tecnológica interfirma e interinstitucional en el sector biofarmacéutico

Para sustentar esta parte del trabajo, el análisis se apoya en los elementos centrales que componen un sistema nacional de innovación (SNI), sobre todo por su proceder metodológico y porque ayuda en buena medida a recapitular los factores que están detrás del subdesarrollo de la cooperación tecnológica en el sector biofarmacéutico.

Un SNI puede moldearse por factores económicos, sociales, políticos, organizacionales y otros que repercuten en el desarrollo, la difusión y el uso de las innovaciones; y éste se compone por organizaciones (proveedores, clientes, competidores, universidades, organizaciones que

⁸¹ Una explicación adecuada de este fenómeno puede ser que los científicos académicos (en su mayoría) al no recibir financiamiento por parte de las empresas no hagan suyo un mayor compromiso de vincular sus proyectos de investigación a los problemas tecnológicos de las empresas. Como otras investigaciones lo sostienen también, no se trata entonces de que sólo las universidades sean las responsables de la poca colaboración científica-tecnológica con las empresas, sino que estas últimas en su mayoría observan con desden o desconocen la relevancia del conocimiento universitario para mejorar las condiciones innovativas y competitivas del sector biofarmacéutico.

proveen capital de riesgo y agencias públicas para la formulación de políticas de innovación); así como por instituciones (hábitos, rutinas, prácticas establecidas, reglas y leyes) que regulan las relaciones e interacciones entre los individuos, los grupos y las organizaciones. Las instituciones son las reglas del juego (Edquist, 2001: 2, 5)⁸².

También se aclara que en este apartado se aborda de manera somera el cómo un actor (gobierno) puede influir, a partir de sus políticas económicas generales sobre ciencia, tecnología e innovación, en la promoción o en la inhibición de la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad en el sector biofarmacéutico de México.

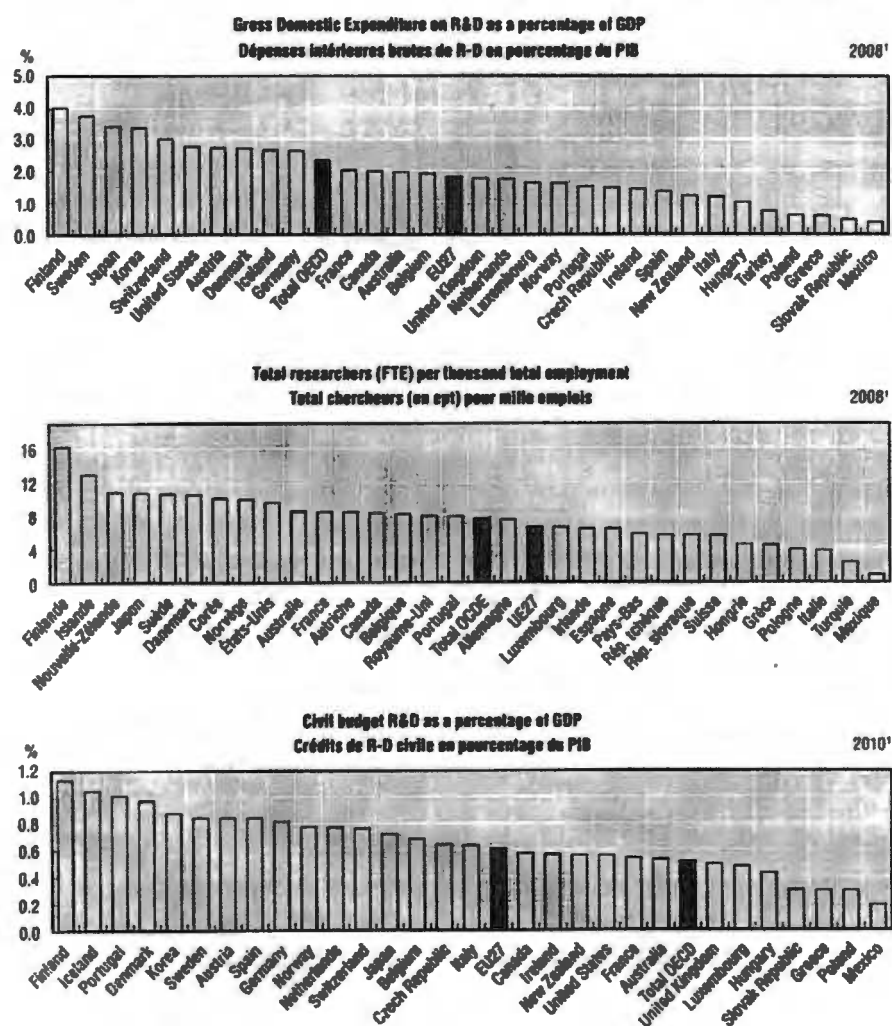
De entrada, uno de los obstáculos fundamentales para el desarrollo de la ciencia y la tecnología está representado por la casi nula inversión en ciencia y tecnología como proporción del PIB, que históricamente se ha ubicado por abajo del 0.4% del PIB. Por ejemplo, Sábato (1975) y, Ortiz y Torres (1975) desde hace 4 décadas advertían sobre la insuficiencia del financiamiento a la ciencia y a la tecnología; pero, al mismo tiempo estos trabajos dan la pauta para sostener que el gobierno mexicano siempre ha vacilado con tomarse en serio la promoción de la ciencia y la tecnología como actividades prioritarias de interés nacional.

Para reafirmar la trayectoria histórica del magro presupuesto gubernamental a la ciencia y a la tecnología, Casas (2004) vuelve a señalar que el financiamiento a estas actividades es absolutamente insuficiente, pues se sigue ubicando abajo del 0.4% del PIB; y para rematar Olmedo (2010) y, Flores y López (2010) discuten sobre la misma insuficiencia de recursos para el desarrollo tecnológico. Si bien es cierto que el impulso de la ciencia y la tecnología no puede ser la solución a todos los problemas, si se puede considerar a estas actividades como una condición necesaria para dar mayor contenido tecnológico a las mercancías que se producen.

En efecto, México se encuentra en la cola de los países de la OCDE que menos invierten en ciencia y tecnología, muy por abajo de la media, y también se encuentra en los últimos lugares en cuanto al número de investigadores por cada 1000 empleados y del financiamiento privado a la I&D (véase figura 14).

⁸² La decisión de considerar a los SNI y no a los sistemas regionales o sectoriales de innovación se debe a que sólo los primeros logran capturar la importancia y los efectos de la política económica sobre la innovación. De este modo, el Estado (gobierno) y el poder ligado a éste también juegan un papel crucial en el impulso del desarrollo tecnológico (Edquist, 2001: 13).

Figura 14. Tres indicadores del financiamiento a la I&D en los países de la OCDE, 2008



Fuente: tomada de la página electrónica de la OECD: <http://www.oecd.org>

Adicionalmente, Olivares (1990) concluye que existe un desdén oficial para impulsar de manera decidida a las actividades científicas y tecnológicas. A partir de este autor, se puede llegar a una conclusión fundamental: el fracaso de llevar a la política industrial de sustitución de importaciones hasta desplazar gran parte de los bienes de capital importados, se debió a que las estrategias industriales no se hicieron acompañar del desarrollo tecnológico nacional.

Es importante reconocer que los antecedentes generales anteriores impactan en el pobre desempeño de la colaboración científico-tecnológica en el sector biofarmacéutico establecido en el país. Sin embargo, existen algunos factores muy claros, particulares de esta industria, que inhiben el desarrollo de la cooperación; en este sentido, se identifican 5 de éstos, veamos:

- i) preponderancia innovativa casi absoluta de las empresas farmacéuticas transnacionales (más del 98% de las patentes vigentes en México pertenece a extranjeros) que si bien son grandes exportadoras, también basan su producción en un elevado componente importado de sus insumos, manteniendo de esa manera, poca o nula vinculación tecnológica con las pequeñas firmas nacionales. En efecto, existe una altísima concentración de las actividades inventivas e innovativas a favor de las transnacionales (hay una participación marginal de los laboratorios nacionales) que realizan sus actividades de I&D, marcadamente, en sus países de origen, y; la transferencia tecnológica no contribuye a acrecentar las capacidades tecnológicas de las firmas nacionales.
- ii) Las reformas macro a las regulaciones sobre la propiedad intelectual no han ayudado a impulsar la actividad científica y tecnológica en las empresas biofarmacéuticas. Así, la instauración de la Ley de la Propiedad Intelectual, la adhesión a los ADPIC, el TLCAN y la integración primero al GATT y luego a la OMC, lejos de fortalecer las capacidades y habilidades tecnológicas de las firmas de capital nacional las ha obstaculizado severamente. La apertura comercial desmedida vino a reforzar la preeminencia de las transnacionales debido a que el sistema de propiedad intelectual en México es muy benevolente con los intereses comerciales de este tipo de empresas.
- iii) Durante más de 3 décadas, el país ha padecido la ausencia de una política industrial que impulse mediante políticas selectivas (la consolidación de los pequeños laboratorios biofarmacéuticos de capital nacional) a los sectores intensivos en tecnología como la biofarmacéutica. La apertura comercial-intelectual debió garantizar una protección mínima a las empresas nacientes pero promisorias.
- iv) En general, existe un contexto empresarial y universitario poco propicio para explorar y explotar industrialmente el conocimiento de las universidades. De este modo, las empresas biofarmacéuticas establecidas en México tienen un bajo perfil científico; no hay una fuerte tradición colaborativa entre la industria y la academia, un antecedente que puede explicar esto es que la investigación universitaria sigue estando muy sesgada a lo básico con pocas posibilidades de aplicaciones industriales⁸³, ello influye para que el espíritu colaborativo de los equipos de investigación de las instituciones del conocimiento no se haya propagado a los equipos de la industria.

⁸³ En la investigación empírica está presente la preocupación de que el conocimiento de la academia no se vincula con las necesidades productivas, y se sostiene que existe un sesgo marcado hacia la investigación básica. Aunque nuestra postura no concuerda con adjudicar la falta de colaboración a la producción de conocimiento básico, en cambio, si reconoce que el conocimiento debe aprovecharse para fortalecer los procesos productivos en México, esa falta de acercamiento entre, por ejemplo, empresas y universidades es un antecedente inmediato del magro avance en la cooperación tecnológica firma-firma y empresa-universidad en el sector biofarmacéutico. Estas preocupaciones se plasman, por ejemplo, en Olivares (1990: 141) cuando establece:

“Existe preocupación de algunas empresas importantes en torno a la necesidad de vincular la investigación y el desarrollo tecnológico a la actividad productiva y en tal sentido se han establecido bases para impulsarla. No obstante son muy débiles, esporádicas y permeadas por intereses extraños a los sectores que debieran estar realmente comprometidos en construir un sistema productivo nacional. La definición del rumbo, orientación tecnológica, tipo de necesidades por resolver y no se diga el diseño y tipología de dispositivos y materiales usados, así como la metodología aplicada a cada paso de elaboración se impone desde el exterior. No es de extrañar, entonces, que la transferencia y adquisición de tecnología no haya contribuido al reforzamiento de la planta productiva y ni siquiera formalmente el 95% de los establecimientos industriales en México cubran los requisitos para la adquisición de tecnología y que los procedimientos previstos para su incorporación a la industria nacional, en todo caso, sirven para ensanchar la brecha abierta con respecto a las *firmas transnacionales*, más que para impulsar su propio desarrollo.”

- v) Aunque en los últimos años se hayan incrementado las inversiones en I&D, aún son insuficientes (se carece de un sistema financiero que garantice capital de riesgo suficiente para el desarrollo de proyectos científico-tecnológicos) para formar y fortalecer las mínimas capacidades de conocimiento científico y tecnológico que se requieren para interactuar (colaborar) con otras firmas o con la academia. De hecho, las estrategias imitativas (adaptaciones y participación en las últimas fases de la experimentación) no han resultado apropiadas para el desarrollo tecnológico de las empresas farmacéuticas nacionales.

Aunque estos factores influyen en el subdesarrollo de la colaboración tecnológica en el sector biofarmacéutico establecido en México, desde luego, no todo se debe a la poca seriedad que ha mostrado el gobierno con estas importantes actividades, pues así como existe desinterés gubernamental, el grueso de las firmas farmacéuticas, esencialmente las productoras de genéricos, tampoco muestran mucho interés por involucrarse con productos y procesos avanzados tecnológicamente, su inversión en I&D también es muy baja y muchas empresas mantienen nulas vinculaciones con las organizaciones del conocimiento.

En efecto, Edquist (2001: 5-6) sostiene que las interacciones entre las diferentes organizaciones son cruciales en aquellos procesos de aprendizaje que, normalmente, son la base para el desarrollo de las innovaciones. Estas relaciones pueden ser coordinadas por el mercado o por otros mecanismos, ya que los procesos de aprendizaje que son interactivos entre las organizaciones involucran intercambio de elementos de conocimiento y colaboraciones que no son fácilmente manejadas por el mercado.

Flores y López (2010) señalan que en México existe un SNI incipiente que impacta en el desarrollo tecnológico de la biofarmacéutica, pero Edquist (2001: 19) establece cuatro categorías del por qué los sistemas fallan o difícilmente pueden prosperar, veamos:

- i) las funciones en los sistemas de innovación pueden ser inapropiadas o estar ausentes;
- ii) las organizaciones pueden ser inapropiadas o estar ausentes;
- iii) las instituciones (reglas del juego) pueden ser inapropiadas o estar ausentes;
- iv) las interacciones o los vínculos entre funciones-organizaciones-instituciones en el sistema de innovación pueden darse de manera inapropiada o pueden no existir.

Los estudios empíricos revelan que la mayoría de las innovaciones fueron desarrolladas mediante la colaboración entre las firmas y otras organizaciones (Edquist, 2001: 12). Pues bien, ¿qué lectura-síntesis puede hacerse sobre la influencia de las políticas gubernamentales en la colaboración tecnológica interfirma y empresa-universidad de las firmas farmacéuticas establecidas en México? Veamos:

Los cuatro fallos que propone Edquist se observan en un incipiente SNI mexicano, por lo siguiente:

- i) en general, las empresas farmacéuticas establecidas en el país nunca han ponderado como una decisión prioritaria la inversión en conocimiento científico-tecnológico, se han limitado a la adaptación de tecnologías importadas; pero el gobierno tampoco tiene claro su papel en la generación de conocimiento, y en las universidades se discute si deben o no incorporar la nueva función de promoción del crecimiento y el desarrollo económicos.
- ii) En su mayoría las organizaciones que hay en México (empresas, agencias gubernamentales y universidades-centros públicos de investigación) no son propicias para servir como plataforma del desarrollo de un SNI comparable con el de otros países de tamaño similar. Al respecto, la economía y más concretamente las organizaciones de este país carecen de hábitos, de rutinas, y de buenas prácticas que internalicen el conocimiento de frontera; por lo tanto, existe un círculo vicioso de organizaciones e instituciones que no alientan el desarrollo de la ciencia-tecnología-innovación. Las empresas –en su mayoría– ni siquiera se interesan por adquirir capacidades mínimas de absorción del conocimiento, por su parte las agencias gubernamentales no se interesan por propiciar la formación de un sector de capital de riesgo, y las universidades apenas comienzan a incorporar la función empresarial como algo legítimo en su desempeño.
- iii) Como parte del entorno institucional, más allá de los hábitos y las rutinas, se encuentran las reglas formales, constituidas por ejemplo por las leyes. Si bien, en México hay varias legislaciones que regulan algunas actividades que están directamente relacionadas con el conocimiento, normalmente, se presenta un problema de agencia-principal. Por ejemplo, a pesar de que la sociedad (principal) está de acuerdo en elevar el financiamiento a la ciencia y a la tecnología (1% como proporción del PIB cosa que se plasma en la *Ley de Ciencia y Tecnología*), en los hechos, el agente (gobierno) incumple ese mandato. Asimismo, las universidades se han embarcado en la carrera del patentamiento, pero eso no significa que todos sus investigadores estén de acuerdo con esa estrategia, y peor aún, aunque las universidades sean titulares de ciertos activos del conocimiento (patentes) eso no implica que haya empresas interesadas en explotar ese conocimiento.
- iv) Se puede establecer que los vínculos entre las funciones, las organizaciones y las instituciones se mantienen en un nivel mediocre. Este pobre desempeño se refleja en el hecho de que, por ejemplo, la vinculación que se da entre las empresas y el gobierno se mueve sólo por la búsqueda de financiamiento para ciertas actividades empresariales que pueden estar o no vinculadas con el conocimiento; y el énfasis en la vinculación de universidades con empresas se puede dar en el sentido de búsqueda, también, de patrocinios de proyectos de investigación. Casi siempre, en una relación de subordinación.

Pero, entonces, ¿cómo se podría lograr un mejor desempeño competitivo mediante la cooperación tecnológica? Si se trata de responder directamente a esta pregunta, se tiene el siguiente razonamiento: la cooperación tecnológica interorganizacional auemnetas las capacidades y las habilidades innovativas de las firmas biofarmacéuticas que se ven reflejadas en la incorporación de nuevos medicamentos al mercado, toda vez que las investigaciones científicas y

tecnológicas se han logrado patentar. Las empresas biofarmacéuticas al ser las primeras en la introducción de nuevos fármacos mejoran su desempeño en el mercado porque existe una clara diferenciación respecto a los competidores. Asimismo, como se mencionó en el capítulo 3, el mercado de los fármacos de última generación (biofarmacéuticos patentados) es el de mayor valor, por lo que los productores de estos medicamentos logran mayores ventajas competitivas.

También puede haber una mejoría del entorno competitivo general cuando las propiedades del conocimiento tecnológico permiten ciertas externalidades positivas, pero es claro que en el sector biofarmacéutico nacional sólo un puñado de empresas de capital nacional cuenta con las capacidades de absorción suficientes para aprovechar esos escurrimientos; el resto de empresas productoras de genéricos únicamente se limitan a invertir para asimilar adecuadamente los procesos para la producción de estos medicamentos cuando las patentes han expirado. Así, el periodo de vigencia de las patentes se le denomina como actualidad de la tecnología desincorporada, las adaptaciones que realizan las firmas productoras de genéricos para realizar la manufactura de los nuevos medicamentos genéricos podría decirse que son esfuerzos para adoptar y adaptar tecnologías que van quedando obsoletas; en efecto, se puede considerar que no existe una auténtica transferencia tecnológica.

La situación de las empresas biofarmacéuticas transnacionales establecidas en México merece una respuesta aparte, y ésta va en el sentido de que las firmas del *top* mundial también son las del *top* nacional que mantienen un dominio absoluto en el mercado tecnológico. Sin embargo, el papel que juega la cooperación tecnológica es distinto según el ámbito de operación; en este sentido, las transnacionales campeonas en la producción y en las ventas mundiales también son las campeonas en el número de acuerdos de colaboración tecnológica del sector biofarmacéutico mundial, como se menciona en el capítulo 2. En el caso del sector biofarmacéutico de México, ni las empresas transnacionales más grandes, ni las que dominan el mercado tecnológico nacional (muchas de las cuales son las mismas) son las que más actividad colaborativa registran en México.

Por lo anterior, es claro que las megaempresas transnacionales tienen poco interés en aliarse con firmas mexicanas o con otras instituciones del país, y es que las condiciones de la competencia farmacéutica en México no ejercen mayor presión sobre este tipo de empresas. Ello ha ocasionado una dualización de la industria farmacéutica mexicana, por un lado están las transnacionales que funcionan aparte y que no ejercen efectos de arrastre con las otras empresas

farmacéuticas nacionales, por el otro lado están las empresas nacionales (mayoritariamente productoras de genéricos) que se mantienen desvinculadas de la tecnología de punta. Entonces, no puede haber transferencia de tecnología de las transnacionales hacia las firmas nacionales porque las primeras desarrollan sus actividades científicas y tecnológicas en sus países de origen, pero acá mantienen un cómodo dominio productivo que les permite alcanzar una alta rentabilidad.

Otro indicador que podría sugerir una mayor competitividad de las firmas biofarmacéuticas nacionales que cooperan tecnológicamente es el alcance en la comercialización de sus productos. De este modo, el mejor desempeño innovativo logrado por las pocas empresas nacionales muy activas en las actividades biofarmacéuticas las hace más competitivas que el resto de las empresas nacionales, por el simple hecho de diferenciar sus productos en el mercado nacional; si a esta ventaja se le agrega la posibilidad de comercializar productos únicos en el ámbito mundial, en consecuencia, las empresas biofarmacéuticas nacionales innovadoras adquieren ventajas competitivas claras, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, dado esto la cooperación tecnológica interorganizacional es de gran importancia para aspirar a tener empresas competitivas.

Para cerrar con este apartado, basta decir que a pesar de observarse algunos actos de colaboración científico-tecnológica en las empresas del sector biofarmacéutico establecido en México, esta estrategia para mejorar las capacidades de absorción del conocimiento de frontera, para mejorar el desempeño innovativo y para lograr mayores estándares de competitividad industrial, se mantiene muy subutilizada. Esto se debe, fundamentalmente, a un marcado desinterés generalizado de los principales actores (empresas, organizaciones del conocimiento y gobierno) que tendrían que coincidir en la necesidad de compartir metas, recursos, cursos de acción y productos para alcanzar una mejor posición tecnológica.

Algunas reflexiones finales

En este capítulo se identificaron y examinaron los principales factores que impulsan y/o inhiben la colaboración científico-tecnológica interfirma e interinstitucional en las empresas del sector biofarmacéutico establecido en México. De manera resumida, a continuación se destacan las principales reflexiones a las que se llega en el capítulo.

En efecto, por su misma naturaleza, las empresas transnacionales llevan a cabo muy poca actividad de I&D en México, en tanto que la mayoría de las firmas nacionales se limitan a hacer adaptaciones tecnológicas menores. En este sentido, los agentes externos dominan la concesión de patentes por el IMPI. Sólo una reducida cantidad de firmas nacionales se mantiene muy activa en las actividades innovativas relacionadas con la biotecnología moderna y en la colaboración científico-tecnológica con los principales centros universitarios de investigación biotecnológica, mediante estas estrategias, las empresas han ganado un liderazgo tecnológico; no obstante, su tamaño y cantidad no han permitido observar un efecto multiplicador en toda la industria farmacéutica.

Dos cosas adicionales permiten caracterizar de manera más precisa al sector biofarmacéutico establecido en México. Por un lado, se enfatiza mucho en que los investigadores biotecnológicos mexicanos observan con indiferencia a las aplicaciones industriales y al patentamiento como una condición previa al establecimiento de vínculos empresa-universidad; pero, por otro lado, las firmas farmacéuticas establecidas en este país, en general no se interesan o se interesan muy poco en el conocimiento producido por los centros de investigación o por las universidades. A pesar de este escenario, en México existe una base de infraestructura en laboratorios y centros de investigación capaces de potencializar la colaboración científico-tecnológica en el sector biofarmacéutico. Prueba de ello es que algunas universidades mexicanas son las que más patentan en el campo biofarmacéutico y, más aún, son las que más publicaciones internacionales registran en el *ISI*.

Algo que es importante destacar, aunque no permita llegar a una conclusión contundente, es que parece haber una correlación entre los esfuerzos internos en I&D de las empresas y los vínculos que se mantienen con las universidades o los centros de investigación, lo que permite corroborar el supuesto de que para aprovechar las capacidades y habilidades externas se requiere de la construcción o formación de capacidades de absorción previas, es decir, entre más grandes sean los esfuerzos internos de I&D mayor será la probabilidad de que las firmas biofarmacéuticas se enganchen en algún acuerdo de colaboración empresa-universidad. También se puede sostener que la existencia de actividades de I&D en las empresas farmacéuticas incrementa la posibilidad de que las firmas registren un mayor número de patentes.

En otro sentido, aunque la mayoría de las firmas multinacionales cuenten con muchas patentes de producto concedidas por el IMPI, eso no quiere decir que estas empresas registren

una actividad innovativa sobresaliente, sino más bien esto implica una estrategia de comercialización, realizando toda la I&D en su país de origen. Por el contrario, las firmas nacionales con patentes concedidas por el IMPI, se sesgan por los procesos (más generales), quizá menos rentables comercialmente en el corto plazo.

Una característica adicional, muy propia del sector biofarmacéutico establecido en México es que la colaboración tecnológica interfirma es mínima pues se limita al licenciamiento de tecnologías desincorporadas (patentes) o a las alianzas esporádicas entre grandes firmas y pequeñas que después terminan en la adquisición de las últimas. Una explicación plausible para este fenómeno es que como el mercado interno está dominado por las multinacionales y como son muy pocas las firmas locales que registran una importante actividad innovativa, las multinacionales no se interesan mayormente por establecer alianzas con las firmas locales o también, dada la naturaleza de la biotecnología farmacéutica, las firmas dominantes buscan acuerdos de colaboración científico-tecnológica, principalmente, con las universidades o centros de investigación. De cualquier manera, la cooperación tecnológica interfirma de las pequeñas empresas biofarmacéuticas, intensivas en conocimiento, podría ser una buena estrategia para la construcción de mayores capacidades de absorción, estrategia que ha sido inexplorada hasta el momento en el sector biofarmacéutico de México.

De manera resumida, otros de los principales factores que inhiben o no permiten el despegue de las prácticas de colaboración científica-tecnológica firma-firma y universidad-empresa son:

- i) de acuerdo a los datos correspondientes a las patentes (de producto y de proceso), los artículos científicos y los empleados del conocimiento, se observa una corresponsabilidad estructural de empresas y universidades en el magro avance de la colaboración científico-tecnológica entre las distintas organizaciones. A esto contribuye el rol tecnológico de las grandes firmas farmacéuticas multinacionales que se circunscribe a la adaptación de invenciones e innovaciones y a proteger su propiedad intelectual en el mercado doméstico.
- ii) La cooperación tecnológica se ve afectada por el hecho de que menos de la mitad de las firmas farmacéuticas trabajan con técnicas biotecnológicas modernas y menos del 20% mantiene vínculos con universidades y/o centros públicos de investigación en México. Pero, de ese 20% aproximado, menos de la mitad es titular de alguna patente otorgada por el IMPI.
- iii) La matriz de probabilidades binomiales reportó que, bajo las condiciones actuales, la probabilidad de ocurrencia de publicaciones conjuntas firma biofarmacéutica-universidad se mantiene muy baja y el valor de la probabilidad de obtener alguna patente de producto no es diferente.

- iv) La mayor parte del mercado biofarmacéutico mexicano está dominado por las firmas transnacionales que, pese a su gran potencial científico y tecnológico, no aportan a la formación de capacidades-habilidades tecnológicas internas. Por ejemplo, la colaboración científico-tecnológica (delimitada por las patentes y las publicaciones conjuntas) firma-firma está prácticamente ausente.
- v) La mayoría de las empresas no muestra interés en colaborar para la generación de nuevo conocimiento, pues el financiamiento para los proyectos de investigación en el área de biotecnología procede fundamentalmente del Conacyt.
- vi) Aunque la cultura del patentamiento en las universidades y/o centros públicos de investigación se asimila lentamente, la promoción de un mayor patentamiento por parte de las estrategias universitarias no garantiza que la colaboración industria-academia se desarrolle de manera más acelerada ya que el desinterés de las firmas tradicionales puede seguir.
- vii) Tanto las firmas farmacéuticas establecidas en México como las universidades han consolidado una serie de hábitos y rutinas que, en general, no tienen la finalidad de mejorar el desempeño innovativo de las empresas y tampoco de incrementar la vinculación entre estas organizaciones.
- viii) Otros factores que inciden en el subdesarrollo de la colaboración tecnológica interorganizacional es la ausencia de un sector financiero-bancario que provea capital de riesgo para los proyectos científicos que por su naturaleza conllevan alto riesgo y la falta de canales de distribución y comercialización de los nuevos productos y procesos biotecnológicos.

En suma, la principal conclusión que puede desprenderse de este capítulo es que el sector biofarmacéutico establecido en México no ha terminado de despegar y que la cooperación tecnológica interfirma, así como la cooperación empresa-universidad se encuentran subdesarrolladas; no obstante, el papel estratégico que podrían jugar estos mecanismos para la industria y la economía mexicana. Por consiguiente, la generalización de las prácticas colaborativas en el ámbito científico y tecnológico se constituye en un auténtico desafío para el sector biofarmacéutico, la escasa actividad innovativa y colaborativa impide a su vez un mejor desempeño competitivo de la mayoría de las firmas nacionales.

CONCLUSIONES GENERALES

La conclusión principal a la que se llega en este trabajo es que la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad como una estrategia alternativa para el desarrollo de mayores capacidades y habilidades tecnológicas, no es aprovechada adecuadamente por la industria farmacéutica mexicana con mayoría de firmas de capital nacional; por consiguiente, esa situación influye en el pobre desempeño innovativo y competitivo de esta industria. De hecho, la estrategia colaborativa permitiría a estas empresas conjuntar esfuerzos para incrementar las inversiones, en investigación científica y tecnológica, tan significativas en esta industria.

Sobre los argumentos teóricos

Para comenzar estas reflexiones es preciso contestar la siguiente pregunta: ¿qué es lo diferente de este trabajo respecto a otros que se han desarrollado en la misma línea? Lo primero que puede decirse es que constituye una forma de exponer los argumentos teóricos y conceptuales alrededor de la cooperación tecnológica entre las organizaciones que en otros trabajos no están presentes o se encuentran dispersos. Por supuesto, no se trata de una innovación radical, pero sí de una combinación diferente de los recursos de la investigación.

De entrada, se entiende que la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad es un mecanismo híbrido de coordinación económica en el que las organizaciones conjuntan esfuerzos para desarrollar mayores capacidades y habilidades tecnológicas con la finalidad de aprovechar las derramas internas y externas del conocimiento, que a la vez pueden mejorar la capacidad innovativa y el entorno competitivo. Se pueden desarrollar más y mejores capacidades tecnológicas porque mediante la estrategia de la cooperación, se amplían los horizontes del desarrollo científico y tecnológico en las firmas. Se mejora el desempeño innovativo porque al entrar con mejores o nuevos productos y procesos, al mercado, se mejora la posición competitiva.

Otro aspecto que hace diferente a este trabajo es la preocupación que hay sobre la necesidad de rescatar una taxonomía mínima que aclare el panorama en cuanto a las relaciones de las empresas con sus socios potenciales. Ante esto tenemos que se puede distinguir a la cooperación vertical (realizada con los proveedores y clientes), la cooperación horizontal (llevada a cabo con los rivales o competidores de la misma industria), y la cooperación institucional (realizada con otras instituciones como las universidades y los centros de investigación). Aunque

esta clasificación puede encontrarse dispersa en investigaciones previas, en general se subrayan las relaciones verticales, disminuyendo la atención en los vínculos horizontales y, todavía más, encontrándose poco material que reflexione a profundidad en la colaboración institucional que puede ser crucial para que las firmas construyan o fortalezcan sus capacidades tecnológicas.

El contenido de esta investigación también se distingue de otras porque reivindica las propiedades del conocimiento científico y tecnológico como determinantes de la colaboración interfirma y empresa-universidad. Por ejemplo, la incertidumbre en los resultados de los proyectos de investigación, la inapropiabilidad absoluta del conocimiento, la no especificidad y la indivisibilidad son propiedades que las empresas consideran para realizar o no inversiones en la investigación científica y tecnológica. Estas características también se relacionan con externalidades-*spillovers* positivas o negativas que alientan o inhiben las inversiones.

Por medio de los acuerdos de colaboración las empresas intentan mitigar las economías de fricción que representan estas propiedades. En este sentido, la colaboración permite distribuir los riesgos que en general implican los proyectos de investigación. Por ejemplo, si se trata de una firma individual, los mayores riesgos en los que se incurre, se relacionan con mayores costos. Adicionalmente, todas las propiedades mencionadas implicarían –si no se diera la cooperación–, en algunos casos, costos prohibitivos para realizar investigación. Esto es lo que llevó a Nelson (1959b) y a Arrow (1962) a concluir que en un análisis competitivo, teóricamente siempre haya subinversión privada en las actividades científicas y tecnológicas, situación que puede aminorarse con la colaboración interfirma y empresa-universidad como alternativa.

Aunque los factores que impulsan la cooperación tecnológica son heterogéneos (destacando los tecnológicos), en este trabajo se hizo un esfuerzo por incorporar la *internalización de las derramas del conocimiento* en el discurso de la economía institucional, en el sentido siguiente: la hipótesis de que los beneficios del conocimiento pueden estar completamente libres a través de las externalidades-*spillovers* no es suficiente para comprender los flujos de conocimiento entre las organizaciones.

La primera relación que se encuentra entre la existencia de los *spillovers* y la necesidad de la cooperación es que las empresas de manera individual no estarán dispuestas a invertir los recursos necesarios en los proyectos de investigación científica y tecnológica porque no podrán internalizar todos los beneficios potenciales, por lo que requerirán cooperar para compartir los costos y disipar los riesgos. Este es el fundamento principal de los consorcios para la innovación.

Por otro lado, lo que comúnmente se piensa es que el conocimiento de las universidades es un bien público y que cualquiera que lo intente puede usarlo y explotarlo cuando así lo desee. Entonces, ¿qué necesidad habría por parte de las firmas para colaborar con las universidades? La respuesta es que la economía institucional sostiene que los recursos/activos de las organizaciones son únicos, no sustituibles y no pueden ser fácilmente imitados. En efecto, si se pretende explotar el *stock* existente de recursos heterogéneos y de movilidad imperfecta para desarrollar ventajas competitivas, una empresa necesita acceder a los recursos complementarios externos.

Entonces, aunque el conocimiento de las universidades parezca fácil de aprovechar, el proceso es complicado, pues las firmas necesitan desarrollar internamente capacidades de absorción y habilidades mínimas previas. Además, si se agrega al conocimiento un componente tácito, las empresas necesitan interactuar con los investigadores universitarios. Esto es lo que sustenta inicialmente la colaboración de las empresas con las universidades.

Así, las empresas que no se involucran en los acuerdos colaborativos y, menos aún, las que no se interesan por el conocimiento científico y tecnológico, en general, estarán imposibilitadas para el aprovechamiento de los beneficios del conocimiento externo; por lo tanto, más que pensar al conocimiento (de las universidades) como un bien público habría que acotarlo a un bien semi-público al que se tiene acceso sólo si se cuenta con las bases y el entrenamiento necesarios para su internalización. De este modo, solamente las empresas con capacidades de absorción podrán internalizar adecuadamente las externalidades del conocimiento.

Adicionalmente, las empresas pueden estar en la posibilidad de interactuar con las universidades desde sus propios orígenes, sobre todo cuando se trata de firmas fundadas por científicos o empresas patrocinadas-incubadas por las universidades (*start-ups* o *spin-offs*) en cuyas plantillas laborales hay una elevada proporción de científicos.

La cooperación científica y tecnológica con las universidades también puede ser preferible a la colaboración firma-firma, principalmente, en los sectores muy competidos y de alta tecnología; así pues, mediante este mecanismo se evitan los vínculos estrechos con las empresas rivales reales y potenciales que puedan representar un riesgo para la misma posición competitiva. De hecho, se podrían encontrar situaciones en las que la prioridad de las empresas sea colaborar con las universidades antes que con otras firmas.

Por su parte, las empresas para beneficiarse de la colaboración con las universidades necesitan hacer inversiones importantes en investigación básica porque existe la necesidad de

construir capacidades de absorción para asimilar, explicar y explotar industrialmente el conocimiento proveniente de las universidades. Además, tales inversiones requieren competencias especializadas y capital humano indispensable para vincularse con la universidad. Pero, también como el conocimiento tiene un componente tácito, las firmas no lo pueden explotar todo a partir de una patente o de un artículo científico, por ello la construcción de las capacidades y habilidades es muy importante.

Dado lo anterior, se llega a que la cooperación de empresas y universidades puede verse como un mecanismo híbrido de coordinación económica, en los siguientes términos: tanto empresas como universidades se complementan en funciones de producción-comercialización del conocimiento. Así, la función de desarrollo económico de la universidad o la pretensión de comercializar el conocimiento por medio de la propiedad intelectual hace de esta organización una protoempresa; en contrapartida, muchas empresas de los sectores intensivos en tecnología han hecho suya la función de investigar y de generar o proponer nuevas líneas de investigación, actividades que eran casi exclusivas de las universidades. En este sentido, al igual que las protoempresas, las firmas de este tipo podrían considerarse como protouniversidades.

Si bien es cierto que ante un entorno de economía del conocimiento, se requiere una participación más activa y directa de las universidades en el mejoramiento de las capacidades innovativas y competitivas de las empresas, acotar al patentamiento dicha misión resulta muy limitado. Lo que resulta sugerente es que si se quiere consolidar el papel de la universidad como promotora de una mayor competitividad, el patentamiento sólo constituye una vía y, más bien, hay que pensar en un impulso simultáneo a todas las actividades de las universidades que permitan un mayor flujo de conocimientos.

En general, la colaboración tecnológica interfirma y empresa-universidad puede ayudar a que las empresas sean más competitivas, ya que la competitividad tecnológica y su relación con la cooperación involucran estrategias de las empresas para obtener algún tipo de ventaja frente a sus rivales directos, mediante el fortalecimiento de sus capacidades tecnológicas. Esto les permite, por ejemplo, un mejoramiento de los productos y procesos, una diferenciación de los mismos, una disminución de los costos de producción por el mejoramiento de las técnicas, la introducción de nuevos productos y procesos (cuya apropiabilidad relativa se puede proteger por el sistema de patentes y de marcas), o incluso la búsqueda de nuevos mercados. Tales elementos,

permiten a las empresas desarrollar capacidades tecnológicas internas, tener mayor capacidad de absorción de las nuevas tecnologías e interactuar con otras empresas de forma complementaria.

Dado que las bases teóricas de esta investigación se construyen a partir de los fundamentos institucionales, se retoman los principales postulados de la economía institucional contemporánea que permiten una mejor comprensión de la cooperación tecnológica. Los conceptos de costo de transacción, contrato, salvaguarda, complementariedad de activos estratégicos, papel del entorno, innovación como rutina y necesidad de adaptación al ambiente competitivo, son de central importancia. El análisis institucional global no escinde entre producción e intercambio del conocimiento tecnológico. Además, dada la importancia de los derechos de propiedad intelectual en el fomento de la cooperación tecnológica, los instrumentos institucionales ayudan a explicar la forma en que se gestionan de mejor manera estos derechos.

No obstante y a pesar de que esta investigación se adhiere, en general, a la forma en que las últimas investigaciones de la economía institucional contemporánea examinan la colaboración tecnológica, el presente trabajo es diferente porque no se limita al análisis de la cooperación interfirma, sino que incorpora en la discusión el papel que ejercen las universidades en la promoción del crecimiento y el desarrollo económicos mediante la colaboración con las empresas. Por consiguiente, se considera que la universidad como organización podría verse como un mecanismo híbrido de coordinación económica cuya función se fortalecería al establecer vínculos más estrechos con las empresas.

No se puede cerrar esta parte, de las últimas reflexiones, sin advertir que los acuerdos de colaboración tecnológica entre las organizaciones implican una serie de dificultades que deben enfrentar las partes involucradas, por tanto, se trata de un terreno sinuoso y la decisión de participar o no en el acuerdo se toma a partir del análisis de los costos en los que se incurriría para gestionar la cooperación y los beneficios potenciales que se tendrían.

Finalmente, aunque la investigación sobre la cooperación tecnológica interfirma y empresa-universidad es un campo excitante, hay varias aristas de investigación que requieren profundizarse en trabajos futuros, algunos temas sugerentes para continuar con los esfuerzos de la construcción del conocimiento en este campo son:

- i) análisis de los impactos que resultarían de la incorporación del agente gubernamental en la promoción y consolidación de los acuerdos colaborativos en ciencia y tecnología entre las distintas organizaciones;

- ii) profundización en las particularidades de las pequeñas firmas (de los sectores tradicionales) que favorecen o limitan los beneficios potenciales de la colaboración científica y tecnológica en un entorno de economía del conocimiento;
- iii) formación de escenarios prospectivos en la economía y en las industrias de la consolidación de algunas universidades como protoempresas y de algunas firmas como protouniversidades;
- iv) en el contexto de las economías en desarrollo, dado que generalmente las industrias se encuentran dominadas por empresas transnacionales o multinacionales, aunque éstas lleven a cabo una fuerte actividad tecnológica colaborativa en el ámbito mundial, su presencia en los países subdesarrollados no garantiza que se fortalezcan los vínculos con las firmas locales, por tanto, se requiere realizar un examen más cuidadoso de la cooperación tecnológica intrafirma o intraorganizacional y sus impactos en la colaboración interfirma y empresa-universidad en las economías menos avanzadas.

Sobre los hallazgos empíricos

La colaboración científico-tecnológica interfirma y empresa-universidad ha tenido un crecimiento exponencial desde finales de los 1970, mismo que se ha concentrado en las industrias de alta tecnología e intensivas en conocimiento, y más específicamente, en las industrias de los países más desarrollados, es por eso que el monitoreo de cómo evolucionan los acuerdos en los países menos desarrollados no permite profundizar en el análisis.

A partir de los estudios empíricos se puede corroborar que los principales motivos que impulsan los acuerdos cooperativos coinciden con los planteados por la teoría. Así pues, el objeto principal de la colaboración en investigación científica y tecnológica en el sector biofarmacéutico no es para cooptar o reducir la competencia, sino para potencializar, en el sentido amplio, los recursos y los esfuerzos de los socios para desarrollar nuevo conocimiento que sea útil para las organizaciones participantes. De hecho, el sector biofarmacéutico es de los que se mantiene más activo en los acuerdos de colaboración con las universidades, abarcando ya no sólo a las pequeñas firmas biotecnológicas.

En lo que respecta al contexto mexicano. La intención de examinar al sector biofarmacéutico en México se debió a que la biotecnología es una de las áreas que puede consolidarse y servir de plataforma para el crecimiento económico mediante la creación de empresas y el impulso de las pequeñas empresas existentes.

Una revisión general del sector biofarmacéutico en México permitió extraer algunas particularidades. En primer lugar, aunque la producción científica y tecnológica de los centros de investigación biotecnológica sea reconocida internacionalmente, su capacidad es muy reducida

como para esperar que pueda actuar como una actividad con efectos multiplicadores sobre otros campos, por lo que se necesita un mayor impulso público y privado a la investigación biotecnológica para que *a posteriori* los vínculos universidad-empresa puedan incrementar su cantidad e intensidad. En segundo término, a pesar de la existencia de conocimiento con potenciales usos industriales y comerciales, la débil cultura del patentamiento y la carencia de instrumentos para su promoción, limitan la transferencia de conocimiento tecnológico. Por último, existe poco interés de los empresarios mexicanos para invertir en los proyectos de investigación científica y tecnológica, lo que provoca que las relaciones con la academia sean, en general, débiles y esporádicas impidiendo una mayor movilidad de los recursos científicos.

La importancia de las potencialidades biotecnológicas radica en que éstas podrían aprovecharse para propiciar un sector biofarmacéutico más competitivo; no obstante, tales capacidades muestran un desarrollo heterogéneo ya que existen pocas firmas de capital nacional intensivas en biotecnología moderna, y la infraestructura científico-tecnológica se concentra, esencialmente, en los institutos públicos de investigación y en las universidades, misma que no se explota estratégicamente por las empresas nacionales. Además, a pesar de que las transnacionales comercializan muchos medicamentos con base en la biotecnología moderna, eso no impacta en la formación de capacidades tecnológicas de las firmas nacionales.

Las reformas, que se llevaron a cabo en los 1990, en el sistema de propiedad intelectual en México tampoco han contribuido a alentar la cooperación entre las firmas mexicanas, por el contrario, tales reformas han perpetuado el dominio casi absoluto de las multinacionales en los mercados tecnológicos, y también han profundizado la dependencia tecnológica de las pequeñas y medianas empresas farmacéuticas mexicanas. En consecuencia, la estructura oligopólica del sector biofarmacéutico en México también se consolida porque las multinacionales dominan la producción y comercialización de los productos farmacéuticos de mayor valor. Sin embargo, aquí se sostiene que esa estructura oligopólica permanece y se consolida, en parte, por la falta de pericia innovativa y colaborativa por parte de las firmas de capital nacional que las lleva a ser menos competitivas en un mercado caracterizado por la competencia tecnológica.

El sector biofarmacéutico en México muestra tres rasgos adicionales. El primero es que el mercado privado está dominado por las grandes empresas multinacionales que no se vinculan ni con otras firmas biofarmacéuticas nacionales ni con las universidades del país (sus actividades colaborativas se mantienen fuera de México). Segundo, un amplio subsector productor de

medicamentos genéricos, que abastece a las instituciones públicas de salud, que también se mantiene al margen de la colaboración científica (el análisis más a fondo de este subsector no se realiza en este trabajo). Finalmente, un reducido grupo de pequeñas empresas biofarmacéuticas que se mantiene muy activo en la colaboración científica y tecnológica con algunos centros universitarios de investigación biotecnológica en el país y el extranjero.

Yendo más al análisis de lo que sucede con las empresas biofarmacéuticas establecidas en México y con base en los datos y la información de los últimos capítulos de la investigación, se puede decir que para lograr empresas con mayores capacidades tecnológicas y productoras de bienes y servicios de mayor valor es necesaria una importante inversión interna en I&D, luego vincularse con otras organizaciones como las universidades. Pero, algo importante es que en las empresas del sector biofarmacéutico de México está prácticamente ausente la colaboración interfirma; en cambio, se registra una mayor colaboración con las universidades, y esta estrategia abarca tanto a las filiales de las firmas multinacionales (que colaboran con otras organizaciones extranjeras) como al reducido grupo de pequeñas biofarmacéuticas nacionales.

Podría ser que a largo plazo, la colaboración con las universidades o con los centros de investigación se constituyera como una alternativa que incrementara la probabilidad de consolidación y crecimiento en el mercado, pues los productos y procesos farmacéuticos cada vez están más ligados a las técnicas de la biotecnología moderna, algunas de las cuales han sido bien asimiladas y desarrolladas por los centros de investigación biotecnológica en México.

Aunque la cooperación científico-tecnológica universidad-empresa es más socorrida por las empresas biofarmacéuticas de México, en comparación a la colaboración interfirma, en México se tienen los siguientes desafíos para promover ambos tipos de cooperación:

- i) la cantidad de firmas biofarmacéuticas nacionales es muy reducida como proporción del conjunto de empresas, por lo que su buen desempeño casi no se percibe en la industria;
- ii) su participación en el cuasi-mercado tecnológico también es muy pequeña debido a que se registran pocas patentes, este cuasi-mercado está dominado por las multinacionales;
- iii) aunque existe una mayor colaboración con los centros universitarios de investigación, esta actividad tiene que profundizarse;
- iv) una consecuencia natural de la colaboración en el conocimiento debería ser el registro de patentes conjuntas, cosa que no ha sucedido;
- v) aunque varios trabajos han llamado la atención sobre la poca disponibilidad de los científicos mexicanos a patentar, los datos muestran que las universidades son los agentes mexicanos que más patentan en Estados Unidos, sin embargo, la cantidad de patentes otorgadas es muy pequeña;

- vi) por el contrario, la cifra de las pocas patentes que se poseen muestra que, en general, las firmas mexicanas siguen siendo adversas a las actividades científicas y tecnológicas.

Aún y los desafíos, en las evidencias es explícito el hecho de que si las empresas farmacéuticas se involucran en la investigación científica y tecnológica tendrán mayores posibilidades de colaborar con universidades o con centros de investigación y, por lo tanto, sus capacidades tecnológicas aumentarán reflejándose en una mayor cantidad de productos científicos (artículos) y tecnológicos (patentes). Además, si se cubren estas condiciones habrá una mayor probabilidad de acceder al capital de riesgo, pues las propias firmas van construyendo su reputación financiera. Al mismo tiempo, también se mejora la reputación (presencia) en el mercado, mejorando las probabilidades de sobrevivencia y crecimiento.

Finalmente, algunas de las tareas pendientes para la investigación empírica futura son: 1) adentrarse en las tripas de las firmas farmacéuticas para determinar de manera más precisa los factores que desalientan la colaboración interfirma; 2) diseñar mecanismos para la recopilación de datos cuantitativos microeconómicos que permitan llegar a conclusiones más consistentes y representativas, y; 3) profundizar desde las entrañas de los centros universitarios de investigación sobre el papel que podrían jugar éstos como semilleros de nuevas firmas biofarmacéuticas productoras de bienes y servicios de elevado contenido científico y mayor valor agregado.

Algunas lecciones sugerentes de política económica

- Propiciar la formación y consolidación de mercados tecnológicos complementarios. Ello permitiría la creación de nuevas pequeñas empresas basadas en el conocimiento y, de manera simultánea, ayudaría a que estas empresas y las universidades encontraran rentable patentar sus nuevos productos y procesos. Tales mercados podrían impulsarse mediante las compras gubernamentales.
- Relacionada con la anterior, aplicar mecanismos selectivos para que la colaboración científica y tecnológica interinstitucional (empresa-universidad) mejore las condiciones competitivas, especialmente, de las firmas de capital nacional. Esto podría llevarse a cabo a través de otorgar mayores incentivos a la cooperación pequeñas empresas-universidad.
- Conformar un sistema bancario-financiero en el que las nuevas y pequeñas firmas tecnológicas cuenten con mayores oportunidades para acceder al capital de crédito de

riesgo, ya que en México sólo mediante la banca de desarrollo se puede aspirar al financiamiento, pero muchas veces con altos costos de transacción.

- Ampliar y consolidar las funciones económicas de las universidades, reforzando la investigación básica y ampliando la cobertura de la matrícula, con la que una mayor cantidad de mexicanos estaría relacionada con el conocimiento, sólo así se puede garantizar un mayor emprendizaje vinculado al conocimiento de frontera.
- Consolidar los campos del conocimiento relacionados con la biotecnología como palanca del desarrollo nacional, ampliando y mejorando las actividades científicas y tecnológicas en las universidades y centros de investigación permeando con el conocimiento avanzado al resto de las actividades económicas.
- En concordancia con Bolívar (2003: 14-16) se propone una serie de recomendaciones generales para consolidar la biotecnología en México, las cuales son: consolidar y articular los centros de investigación (proporcionándoles más recursos para alcanzar una masa crítica con capacidades de transformación); programar un mayor crecimiento de la infraestructura de investigación en biotecnología; fomentar la participación del sector productivo mexicano en el desarrollo de una industria biotecnológica moderna; desarrollar un mejor análisis de la bioprospección, entre otras.
- Finalmente, a partir de la idea del *apiñamiento* de la teoría evolucionista, el crecimiento de las pequeñas empresas biofarmacéuticas exitosas, que mantienen fuertes vínculos con algunos centros de investigación, se podría acelerar para que de esa forma se tuviera un efecto demostración o de arrastre sobre el resto de las firmas farmacéuticas, propiciando un sector biofarmacéutico más amplio y más competitivo.

REFERENCIAS:

Agrawal, Ajay (2001); "University to industry knowledge transfer: literature review and unanswered questions"; en *International Journal of Management Review*, Vol. 3, Issue 4, pp. 285-302.

Aharonson, Barak, Joel Baum y Maryann Feldman (2004); **Industrial Clustering and the Returns to Inventive Activity: Canadian Biotechnology Firms, 1991-2000**; University of Toronto; *Working paper*, pp. 33.

Arellano, Antonio (1999); **La Producción Social de Objetos Técnicos Agrícolas**; Toluca, México: UAEM.

Arellano, Antonio, Rubén Martínez y Claudia Ortega (2004); "¿Es Global o Local la Investigación? La Proliferación Situada de Polímeros, Transgénicos y Colectivos"; en *Convergencia*, Año 11, No. 35, pp. 133-169.

Arora, Ashish, Andrea Fosfur y Alfonso Gambardella (2001); **Markets for Technology, The Economics of Innovation and Corporate Strategy**; Cambridge, MA: The MIT Press.

Arora, Ashish y Alfonso Gambardella (1990); "Complementary and external linkages: the strategies of large firms in biotechnology"; en *The Journal of Industrial Economics*, Vol. XXXVIII, p.p. 361-379.

Arrow, Keneth (1962); "El bienestar económico y la asignación de recursos para la invención"; en Rosenberg, Nathan (ed.1979), *Economía del cambio tecnológico*, México: FCE.

Audretsch, David (2005); "The knowledge spillover theory of entrepreneurship and economic growth"; en *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, Vol. 9, pp. 37-54.

Axelrod, Robert (1984); **La evolución de la cooperación: El dilema del prisionero y la teoría de juegos**; Madrid: Alianza Editorial, S.A., 1986.

Axelrod, Robert (2004); **La Complejidad de la Cooperación. Modelos de cooperación y colaboración basados en los agentes**; México: FCE.

Axelrod, Robert y William Hamilton (1981); "The Evolution of Cooperation"; en *Science*, Vol. 211, No. 4489, p.p. 1390-1396.

Ayala, José (1999); **Instituciones y Economía, una Introducción al Neoinstitucionalismo Económico**; México: FCE, 2005.

Baldini, Nicola (2008); "Negative effects of university patenting: Myths and grounded evidence"; en *Scientometrics*, Vol. 75, No. 2, pp. 289-311.

Becker, Wolfgang y Jürgen Dietz (2004); “R&D co-operation and innovation activities of firms – evidence for the German manufacturing industry”; en *Research Policy*, Vol. 33, p.p. 209-223.

Bekkers, Rudi e Isabel M. Bodas Freitas (2010); “Catalysts and barriers: Factors that affect the performance of university-industry collaborations”; *Paper presentado en la International Schumpeter Society Conference 2010*, Aalborg, junio 21-24, pp. 30

Belderbos, René; Martín Carree, Bert Diederer, Boris Lokshin y Reinhilde Veugelers (2004); “Heterogeneity in R&D cooperation strategies”; en *International Journal of Industrial Organization*, No. 22, p.p. 1237-1263.

Bellon, Bertrand y Jorge Niosi (2000); “Une évaluation des théories institutionnalistes des alliances stratégiques”; en Voisin, Colette; Anne Plunket y Bertrand Bellon (coord.), *La coopération industrielle*; Université Paris Sud: ed. ECONOMICA.

Bercovitz, Janet y Maryann Feldman (2007a); “Fishing upstream: Firm innovation strategy and university research alliances”; en *Research Policy*, Vol. 36, Mayo, pp. 930-948.

Bercovitz, Janet y Maryann Feldman (2007b); “Academic entrepreneurs and technology transfer: who participates and why?”; en Malerba, Franco y Stefano Brusoni (ed.), *Perspectives on innovation*; Cambridge University Press, pp. 381-398.

Blumenthal, David; Michael Gluck, Karen Louis y David Wise (1986); “Industrial Support of University Research in Biotechnology”; en *Science*, Vol. 231, No. 4735, pp. 242-246.

Bolívar, Francisco (Coord.) (2003); **Recomendaciones para el Desarrollo y Consolidación de la Biotecnología en México**; México: CONACYT, Academia Mexicana de Ciencias y UNAM.

Bolívar, Francisco (Comp. y Ed.) (2004); **Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna**; México: Academia Mexicana de Ciencias, UNAM-Instituto de Biotecnología, El Colegio Nacional, CONACYT y CIBIOGEN.

Boardman, P. Craig (2008); “Beyond the stars: The impact of affiliation with university biotechnology centers on the industrial involvement of university scientists”; en *Technovation*, Vol. 28, pp. 291-297.

Breschi, Stefano, F. Lissoni y F. Montobbio (2005); “Open Science and University Patenting: A Bibliometric Approach”; en Van Pottelsberghe de la Potterie y De Meyer A. (ed.), *Economic and Management Perspectives on Intellectual Property Rights*; Palgrave McMillan.

Brousseau, Éric (2000); “La gouvernance des processus de coopération”; en Voisin, Colette; Anne Plunket y Bertrand Bellon (coord.), *La coopération industrielle*; Université Paris Sud: ed. ECONOMICA.

Callon, Michel (1991); “Techno-economic networks and irreversibility”; en Law, T. (ed.); *Sociology of monsters*; London, Routledge.

Callon, Michel (1999); "Actor – network theory – the market test"; en *The Editorial Board of the Sociological Review*, USA: Blackwell Publishers.

Caloghirou, Yannis, Stavros Ioannides y Nicholas S. Vonortas (2008); **Research Joint Ventures: A Critical Survey of the Theoretical and Empirical Literature**; *Working Paper*.

Calva, José Luis (2001); **México: más allá del Neoliberalismo. Opciones dentro del cambio global**; México: Plaza & Janés Editores, S.A. de C.V.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2011); **Ley de Ciencia y Tecnología publicada en 2002**; con última reforma publicada en el DOF 28-01-2011, México.

Campart, Sandy y Etienne Pfister (2003); "The value of interfirm cooperation: an event study of new partnership announcements in the pharmaceutical industry"; en *CNRS, research program "Les Enjeux Economiques de l' Innovation*; Le Havre and Paris I universities.

Carvajal, Oswaldo (2005); "Futuro de las fusiones en la industria farmacéutica mundial"; en *Negotium*, Año 1, No. 1, pp. 12-34.

Casas, Rosalba (coord.) (2001); **La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México**; México: Anthropos, UNAM-Instituto de Investigaciones Sociales.

Casas, Rosalba (2004); "Ciencia, Tecnología y Poder. Elites y Campos de Lucha por el Control de las Políticas"; en *Convergencia*, Año 11, No. 35, pp. 79-105.

Cassiman, Bruno, Patrick Glenisson y Bart Van Looy (2007); "Measuring industry-science links through inventor-author relations: A profiling methodology"; en *Scientometrics*, Vol. 70, No. 2, pp. 379-391.

Castro, Elena, Jordi Molas e Ignacio Fernández (2008); "Knowledge transfer in the human and social sciences: The importance of informal relationships and its organizational consequences"; en *Policies for Research and Innovation in Moving Towards the European Research Area, "Europe-Latin America Conference on Science and Innovation Policy", September 24-26*, Ciudad de México.

Cavazos, Guillermo (2007); **La Crítica de Herbert Simon al Axioma de Racionalidad Perfecta**; Avance de investigación doctoral, México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Cefis, Elena y Orietta Marsili (2005); **A Matter of Life and Death: Innovation and Firm Survival**; *Working Paper Series*, Laboratory of Economics and Management Sant'Anna School of Advanced Studies, Italy.

CEPAL (2001); **Una Década de Luces y Sombras. América Latina y el Caribe en los años Noventa**; Santiago de Chile: Cepal, Alfaomega.

Cheung, Steven (1983); "The Contractual Nature of the Firm"; en *Journal of Law and Economics*", Vol. 26, No. 1, pp. 1-21.

Cimoli, Mario (2007); **Sources of learning paths and technological capabilities. An introductory roadmap on development process**; Ponencia preparada para la reunión del Club Brisbane, 1-3 de junio; Pollenza Italia.

Coase, Ronald (1937); "The Nature of the Firm"; en *Economica*, No. 4, p.p. 386-405.

Coase, Ronald (1937); "La naturaleza de la empresa"; en Williamson, Oliver y Sidney Winter (comp.), *La naturaleza de la empresa. Orígenes, evolución y desarrollo*, México: FCE, 1996.

Coase, Ronald (1960); "The Social Cost Problem"; en *The Journal of Law and Economics*, octubre, pp. 1-44.

Coase, Ronald (1988); "The Nature of the Firm: Origin, Meaning, Influence"; en *Journal of Law, Economics, and Organization*; No. 4, pp. 3-47.

Cockburn, Iain y Rebecca Henderson (1998); "Absortive Capacity, Coauthoring Behavior, and the Organization of Research in Drug Discovery"; en *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 46, No. 2, pp. 157-182.

Cockburn, Iain (2008); "Pharmaceuticals"; Cap. 6 en: Macher, Jeffrey y David Mowery (Eds.); *Innovation in Global Industries: U.S. Firms Competing in a New World (Collected Studies)*; USA: National Academy of Sciences, pp. 207-230.

Cohen, Wesley y Daniel Levinthal (1990); "Absortive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation"; en *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, pp. 128-152.

Colyvas, Jeannette; Michael Crow, Annetine Gelijns, Roberto Mazzoleni, Richard Nelson, Nathan Rosenberg y Babeen Sampat (2002); "How Do University Inventions Get into Practice?"; en *Management Science*, Vol. 48, No. 1, pp. 61-72.

Corona; Juan Manuel (2006); **Human Capital Formation: The role of Science and Technology Policy. A case study in the Mexican Biotechnology Sector**; Tesis doctoral de la Manchester Business School, Manchester: University of Manchester.

Dahl, Michael y Toke Reichstein (2005); **Are you experienced? Prior experience and the survival of new organizations**; *Working Paper*, No. 05-01; Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

David, Paul y Dominique Foray (2002); "Una introducción a la economía y a la sociedad del saber"; en *Revista Internacional de Ciencias Sociales, número especial sobre la sociedad del conocimiento*, No. 171.

Defalvard, Hervé (2000); “Une explication non réductionniste de la coopération inter-firmes”; en Voisin, Colette; Anne Plunket y Bertrand Bellon (coord.), *La coopération industrielle*; Université Paris Sud: ed. ECONOMICA.

De Gortari, Rebeca (1999); “Los académicos: de la producción a la comercialización del conocimiento”; en Casas, Rosalba y Matilde Luna (coord.), *Gobierno, Academia y Empresas en México: hacia una nueva configuración de relaciones*; México: UNAM, Plaza y Valdez, 2ª. Edición.

Del Río, Fernando (1994); “Vidas paralelas en la ciencia y la tecnología”; en Varela Roberto y Leticia Mayer (comp.), *Los Grandes Problemas de la Ciencia y la Tecnología*; México: UAM y UNAM.

Demirel, Pelin y Mariana Mazzucato (2008); **The Evolution of Firm Growth Dynamics in the US Pharmaceutical Industry: Is ‘Structure’ in the Growth Process related to Size and Location Dynamics?**; *INNOGEN Working Paper No. 66*, Economic and Social Research Council.

Demirel, Pelin y Mariana Mazzucato (2010); “Innovation and Firm Growth: Is R&D worth it?”; *Paper* presentado en la *International Schumpeter Society Conference*, 21-24 de Junio, Aalborg.

Dodgson, Mark, John Mathews, Tim Kastelle y Mei-Chih Hu (2008); “The evolving nature of Taiwan’s national innovation system: The case of biotechnology innovation networks”; en *Research Policy*, Vol. 37, pp. 430-445.

Dosi, Giovanni (1988); “The nature of the innovative process”; en Dosi, Giovanni et al. (ed.), *Technical Change and Economic Theory*; London and New York: Pinter Publishers.

Ducor, Philippe (2000); “Coauthorship and Coinventorship”; en *Science*, New Series, Vol. 289, No. 5481, pp. 873-875.

Dutrénit, Gabriela (1996); “La vinculación Universidad-empresa en un macroproyecto de polímeros”; en *Comercio Exterior*, Vol. 46, No. 10, pp. 808-816.

Edquist, Charles (2001); “The System of Innovation Approach and Innovation Policy: An account of the state of the art”; *Paper* presentado en la *DRUID Conference*, 12-15 de Junio, Aalborg.

Etzkowitz, Henry (2002); **The Triple Helix of University-Industry-Government, Implications for Policy and Evaluation**; *Working Paper 2002.11*, Science Policy Institute.

Etzkowitz, Henry (2003); “Research groups as ‘quasi-firms’: the invention of the entrepreneurial university”; en *Research Policy*, Vol. 32, pp. 109-121.

Etzkowitz, Henry, Andrew Webster, Christiane Gebhardt y Branca Regina Cantisano (2000); "The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm"; en *Research Policy*, Vol. 29, pp. 313-330.

Fabrizio, Kira (2006); **Absorptive Capacity and Innovation: Evidence from Pharmaceutical and Biotechnology Firms**; Goizueta School of Business, Emory University; *Working paper*, pp. 36.

Flores, Ramona y Santos López (2010); "México en el contexto de los sistemas de innovación"; en Benavides, Shirley (comp.), *Innovación, Tecnología y Desarrollo Regional*; San José, Costa Rica: Universidad Nacional, pp. 149-161.

Foray, Dominique (1991); "The secrets of industry are in the air: Industrial cooperation and the organizational dynamics of the innovative firm"; en *Research Policy*; Vol. 20, pp. 393-405.

Forero-Pineda, Clemente (2006); "The impact of stronger intellectual property rights on science and technology in developing countries"; en *Research Policy*, 35, pp. 808-824.

Foss, Nicolai y Peter Klein (2004); **Entrepreneurship and Economic Theory of the Firm: Any Gains from Trade?**; *Working Paper*, No. 04-12; Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

Foss, Nicolai y Peter Klein (2005); **The Theory of the Firm and Its Critics: A Stocktaking and Assessment**; *Working Paper*, No. 05-03; Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

Freeman, Christopher (1988); "Introduction"; en Dosi, Giovanni et al. (ed.), *Technical Change and Economic Theory*; London and New York: Pinter Publishers.

Freeman, Christopher (1991); "Networks of innovators: a synthesis of research issue"; en *Research Policy*, Vol. 20, pp. 34-45.

Gambardella, Alfonso (1992); "Competitive advantages from in-house scientific research: The US pharmaceutical industry in the 1980s"; en *Research Policy*, Vol. 21, pp. 391-407.

Gandlgruber, Bruno (2007); **Coordinación, Instituciones y Empresas – una revisión crítica del análisis teórico de la estructura institucional de la producción**; Tesis del Doctorado en Ciencias Económicas; México: UAM.

García, Alejandro, Arturo Lara y Eunice Taboada (2004); "La coordinación 'híbrida' desde las perspectivas de Williamson y de Nooteboom"; en *Análisis Económico*, Vol. XIX, No. 040; México, DF: UAM-Azcapotzalco, pp. 101-117.

García, Rodolfo (2009); "Análisis teórico de la transferencia de conocimientos universidad-empresa mediante la colaboración"; en *Economía: teoría y práctica*, Nueva Época, No. 29, México, DF: UAM, 51-86.

Genoma (2005); **Situación actual y oportunidades de negocio en el sector biotecnológico en América Latina: México**; Madrid, España: Genoma-Trikarty e Hiperion Biotech.

Gittelman, Michelle (2006); “National institutions, public-private knowledge flows, and innovation performance: A comparative study of the biotechnology industry in the US and France”; en *Research Policy*, Vol. 35, pp. 1052–1068.

Gómez, Hortensia y Gabriela Rico (2008); “El paradigma de biotecnología y la medicina genómica: ¿Un obstáculo o una oportunidad de integración para la industria farmacéutica mexicana?; en *Sinnco*, MT9, México: IPN, pp. 1-34.

González, Lydia (2003); **Cooperación y Empresas. Retos, Presente y Futuro**; Madrid: THOMSON.

Griliches, Zvi (1958); “Costos de investigación y rendimientos sociales: el maíz híbrido e innovaciones relacionadas”; en Rosenberg, Nathan (ed.1979), *Economía del cambio tecnológico*, México: FCE.

Guerrero, Rodrigo y Roberto Gutiérrez (2011); “Los ADPIC y el TLCAN en la industria farmacéutica mexicana: Un análisis TradeCAN”; en *Economía: teoría y práctica*, Nueva Época, No. 35, México, DF: UAM, 93-129.

Guzmán, Alenka (1997); “La competitividad internacional: una reflexión teórica”; en *Argumentos*, No. 28; México: UAM-Xochimilco.

Guzmán, Alenka (2002); **Las Fuentes del Crecimiento en la Siderurgia Mexicana; Innovación, Productividad y Competitividad**; México: Miguel Ángel Porrúa y UAM-Iztapalapa.

Guzmán, Alenka (2011); “The Challenges of constructing pharmaceutical capabilities and promoting access to medicines in Mexico under TRIPS”; en K. Shadlen, A. Guzmán, S. Guennif y L. Narayanan (coord.), *Intellectual Property, Pharmaceuticals and Public Health. Access to Drugs in Developing Countries*; Cheltenham, United Kingdom: Edgar Elgar, pp. 110-148.

Guzmán, Alenka, Flor Brown y María Zúñiga (2006); **Estrategias de Adquisición de Tecnología en la Industria Farmacéutica en México**; *Mimeo*.

Guzmán, Alenka y María V. Guzmán (2009); “¿Poseen capacidades de innovación las empresas farmacéuticas de América Latina? La evidencia de Argentina, Brasil, Cuba y México”; en *Economía teoría y práctica*, No. Especial, Vol. 1, México: UAM, pp. 131-173.

Guzmán, Alenka y Rodolfo García (2009); **University-Enterprise Knowledge Generation and Spillovers. Patents and Technology Transfer in the Bio-Pharmaceutical Sector of Mexico**; capítulo 5 de libro editado por la *WIPO*, por publicarse.

Hagedoorn, John y Jos Schakenraad (1990); "Inter-firm partnerships and co-operative strategies in core technologies"; en Freeman, Christopher y L. Soete (eds.), *New Explorations in the Economics of Technical Change*; London and New York: Pinter Publishers.

Heald, Paul (2005); "A Transaction Costs Theory of Patent Law"; en *Ohio State Law Journal*, Vol. 66, No. 3, pp. 473-509.

Hermans, Raine; Alicia Löffler y Scott Stern (2008); "Biotechnology"; Cap. 7 en: Macher, Jeffrey y David Mowery (Eds.); *Innovation in Global Industries: U.S. Firms Competing in a New World (Collected Studies)*; USA: National Academy of Sciences, pp. 231-271.

Hernández, Roberto, Carlos Fernández y Pilar Baptista (2007); **Metodología de la Investigación**; Cuarta Edición, México: McGraw Hill.

Hodgson, Geoffrey (1998); "Evolutionary and Competence-Based Theories of the Firm"; en *Journal of Economic Studies*, 25 (1), pp. 25-56.

Hodgson, Geoffrey (2007); **Economía institucional y evolutiva contemporánea**; México: UAM-Cuajimalpa y Xochimilco.

IMPI (2009); **Gaceta de la Propiedad Intelectual: Patentes Vigentes de Medicamentos Art. 47 Bis del RLPI**; México: Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual.

Jorde, Thomas y David Teece (1990); "Innovation and Cooperation: Implications for Competition and Antitrust"; en *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 4, No. 3, pp. 75-96.

Katz, J. Sylvan y Ben R. Martin (1997); "What is research collaboration?"; en *Research Policy*, Vol. 26, pp. 1-18.

Kay, Neil (1988); "The R+D function: corporate strategy and structure"; en Dosi, Giovanni et al. (ed.), *Technical Change and Economic Theory*; London and New York: Pinter Publishers.

Knorringa, Peter y Jörg Meyer-Stamer (1998); "New Dimensions in Local Enterprise Cooperation and Development: From Clusters to Industrial Districts"; en *ATAS Bulletin XI, New approaches to science and technology co-operation and capacity building*; University of Duisburg, Alemania.

Lara, Arturo (2007); "Instituciones, empresas, mercado y capacidades de aprendizaje: el programa de investigación"; en Lara, Arturo (coord.), *Co-evolución de empresas, maquiladoras, instituciones y regiones: una nueva interpretación*; México: UAM, adiat y Miguel Ángel Porrúa, pp. 13-50.

Laursen, Keld, María Isabella Leone y Toke Reichstein (2010); "Cooperation or Competition: Grant-back Clauses in Technology Licensing Contracts"; *Paper* presentado en la *International Schumpeter Society Conference*, 21-24 de Junio, Aalborg.

Lindgaard, Jesper (2008); **The IPR System, Venture Capital and Capital Markets—Contributions and Distortions of Small Firm Innovation?**; *Working Paper*, No. 08-03; Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

Link, Albert, John T. Scott y Donald S. Siegel (2003); “The economics of intellectual property at universities: on overview of the special issue”; en *International Journal of Industrial Organization*, No. 21, pp. 1217-1225.

Lissoni, Francesco y Fabio Montobbio (2008); **Inventorship and Authorship in Patent-Publication Pairs: an Enquiry into the Economics of Scientific Credit**; *Working Paper*, No. 224, Centro di Ricerca sui Processi di Innovazione e Internazionalizzazione, Università Commerciale “Luigi Bocconi”; Milano, Italy.

Lockett, Andy y Mike Wright (2005); “Resources, capabilities, risk capital and the creation of university spin-out companies”; en *Research Policy*, Vol. 34, pp. 1043-1057.

Lotti, Francesca, Enrico Santarelli y Marco Vivarelli (2002); **The Post-Entry Size Adjustment of New Small Firms**; *Working Paper Series*, Laboratory of Economics and Management Sant’Anna School of Advanced Studies, Italy.

Lucas, Mikkel (2005); **Partner Selection Criteria in Strategic Alliances: When to Ally with Weak Partners**; *Working Paper*, No. 05-07, Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

Luna, Matilde (1999); “La visión del sector privado hacia la universidad pública: de semillero de guerrilleros a semillero de emprendedores”; en Casas, Rosalba y Matilde Luna (coord.), *Gobierno, Academia y Empresas en México: hacia una nueva configuración de relaciones*; México: UNAM, Plaza y Valdez, 2ª. Edición.

Lund, Anker (2004); “Interaction between Firms and Knowledge Institutions”; en *Research on Technological Innovation and Management Policy*, Vol. 8, pp. 257-283.

Lundvall, Bengt-Ake (2004); “The Economics of Knowledge and Learning”; en *Research on Technological Innovation and Management Policy*, Vol. 8, pp. 21-42.

Mariti, P. y R. H. Smiley (1983); “Co-Operative Agreements and the Organization of Industry”; en *The Journal of Industrial Economics*; Vol. 31, No. 4, pp. 437-451.

Marshall, Alfred (1920); **Principles of Economics, An introductory volume**; Novena edición, 1961; London: Macmillan and Co. Limited.

Maskell, Peter y Leila Kebir (2000); **What Qualifies as a Clusters Theory?** *Working Paper*, No. 05-09; Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

MEAE-FCEAURU (2011); **Industria Farmacéutica-Análisis del Mercado, Competitividad, Estructura y Problemática del Sector (Monografía de Economía Aplicada a la Empresa)**;

Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, Universidad de la República del Uruguay.

Merritt, Humberto (2007); "La vinculación industria-centros tecnológicos de investigación y desarrollo: el caso de los centros CONACYT de México"; en *Análisis Económico*, Vol. XXII, No. 49; México, DF: UAM-Azcapotzalco, pp. 149-168.

Meyer-Krahmer, Frieder y Ulrico Schmoch (1998); "Science-based technologies: university-industry interactions in four fields" en *Research Policy*, Vol. 27, pp. 835-851.

Miotti, Luis y Frédérique Sachwald (2003); "Co-operative R&D: why and with whom? An integrated framework of analysis"; en *Research Policy*, Vol. 32, p.p. 1481-1499.

Morone, Piergiuseppe, Carmelo Petraglia y Giuseppina Testa (2008); **Proximity and Innovation in Italian SMEs**; *MPRA Paper*, No. 13329, Munich Personal RePEc Archive, pp. 22.

Mowery, David y Bhaven Sampat (2004); "The Bayh Dole Act of 1980 and University Industry Technology Transfer: a Policy Model for Other Governments?", *Working Paper*.

Mowery, David, Joanne E. Oxley y Brian S. Silverman (1998); "Technological overlap and interfirm cooperation: implications for the resource-based view of the firm"; en *Research Policy*, Vol. 27, p.p. 507-523.

Mowery, David et al. (2001); "The growth of patenting and licensing by U.S. universities: an assessment of the effects of the Bayh-Dole act of 1980"; en *Research Policy*, Vol. 30, pp. 99-119.

Nagel, Thomas (1970); **La posibilidad del altruismo**; México: FCE, 2004.

Nelson, Richard (1959a); "The Economics of Invention: A Survey of the Literature"; en *The Journal of Business*, Vol. 32, No. 2, April, pp. 101-127.

Nelson, Richard (1959b); "La economía sencilla de la investigación científica básica"; en Rosenberg, Nathan (ed.1979), *Economía del cambio tecnológico*, México: FCE.

Nelson, Richard (2008); **Institutions, "Social Technologies", and Economic Progress**; *Working Papers Series*, No. 2007-03, GLOBELICS Organization.

Nelson, Richard y Sidney Winter (1982); **An Evolutionary Theory of Economic Change**; Cambridge, MA: Harvard University Press.

Niosi, Jorge, Petr Hanel y Susan Reid (2010); "The international diffusion of biotechnology: The arrival of developing countries"; *Paper* presentado en la *International Schumpeter Society Conference*, 21-24 de Junio, Aalborg.

Nooteboom, Bart (2006); **Learning and innovation in inter-organizational relationships and networks**; *Working Paper*.

North, Douglass (1993); **Instituciones, Cambio Institucional y Desempeño Económico**; México: FCE, 2006.

OCDE (2009); **Guidelines for a Harmonised Statistical Approach to Biotechnology Research and Development in the Government and Higher Education Sectors**; *Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators*; Directorate for Science, Technology and Industry Committee Scientific and Technological Policy.

OIT (2012); **Informe del Panorama Laboral 2011, para América Latina y el Caribe**; Organización Internacional del Trabajo.

Olivares, Enrique (1990); **Economía y Tecnología en la Industrialización de México**; México: UAM-Xochimilco.

Olmedo, Bernardo (2010); “Apuntes sobre algunos indicadores y aspectos de la política en ciencia y tecnología en México”; en Benavides, Shirley (comp.), *Innovación, Tecnología y Desarrollo Regional*; San José, Costa Rica: Universidad Nacional, pp. 135-147.

Olson, Mancur (1992); **La Lógica de la Acción Colectiva, Bienes Públicos y la Teoría de Grupos**; México: Limusa y Grupo Noriega Editores.

Ordóñez, Verónica (2012); “El camino a la vanguardia tecnológica implica la suma empresa-universidad-gobierno”; en *Semanario de la UAM*, Vol. XVIII, No. 28 (26-03-2012), México, D.F., columna de divulgación, p. 3.

Ortiz, Sergio y Federico Torres (1975); “Necesidad de una Política de Ciencia y Tecnología en México”; en Wionczek, Miguel (coord.), *Política Tecnológica y Desarrollo Socioeconómico*; México: Secretaría de Relaciones Exteriores, pp. 237-274.

Park, Walter (2008); “International patent protection: 1960-2005”; en *Research Policy*, 37, pp. 761-766.

Pattikawa, Lenny (2008); **Innovation in the Pharmaceutical Industry. Evidence from Drug Introductions in the U. S.**; Erasmus Research Institute of Management, Erasmus University Rotterdam.

Pavitt, Keith (1984); “Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory”; en *Research Policy*, Vol. 13, pp. 343-373.

Penrose, Edith (1959); **The Theory of the Growth of the Firm**; Oxford: Blackwell.

Pérez, Ruy (2008); **La Estructura de la Ciencia**; México: FCE, El Colegio Nacional.

Powers, Joshua y Patricia McDougall (2005); “Policy orientations effects on performance with licensing to start-ups and small companies”; en *Research Policy*, Vol. 34, pp. 1028-1042.

Rahm, Dianne (1994); "Academia Perceptions of University-Firm Technology Transfer"; en *Policy Studies Journal*, Vol. 22, No. 2, pp. 267-278.

Ramírez, O. T. y J. Uribe (2004); "Biotecnología Farmacéutica Moderna en México. El caso de Probiomed S.A. de C.V." en Bolívar, Francisco (Comp. y Ed.); *Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna*; México: Academia Mexicana de Ciencias, UNAM-Instituto de Biotecnología, El Colegio Nacional, CONACYT y CIBIOGEN.

Richardson, George (1972); "The Organisation of Industry"; en *The Economic Journal*, Vol. 82, No. 327, pp. 883-896.

Rindfleisch, Aric y Jan Heide (1997); "Transaction Cost Analysis: Past, Present and Future Applications"; en *Journal of Marketing*, Vol. 61, No. 4, pp. 30-54.

Rocha, Frederico (1997); **Inter-Firm Technological Cooperation: Effect of Absorptive Capacity, Firm-Size and Specialization**; The United Nations University, INTECH.

Roijakkers, Nadine y John Hagedoorn (2006); "Inter-firm R&D partnering in pharmaceutical biotechnology since 1975: Trends, patterns, and networks"; en *Research Policy*, Vol. 35, pp. 431-446.

Romer, Paul (1986); "Increasing returns and long-run growth"; en *Journal of Political Economy*, Vol. 94, pp. 1002-1037.

Rutherford, Malcolm (2003); "La economía institucional: antes y ahora"; en *Análisis Económico*, Año/Vol. XVIII, No. 038, México: UAM-Azcapotzalco, pp. 13-39.

Ruttan, Vernon (1959); "Usher y Schumpeter en la invención, la innovación y el cambio tecnológico"; en Rosenberg, Nathan (ed. 1979), *Economía del cambio tecnológico*, México: FCE.

Sábato, Jorge (1975); "Ciencia, Tecnología, Desarrollo. Algunos comentarios generales"; en Wionczek, Miguel (coord.), *Política Tecnológica y Desarrollo Socioeconómico*; México: Secretaría de Relaciones Exteriores, pp. 60-72.

Sakakibara, Mariko (2001); "The diversity of R&D consortia and firm behavior: evidence from japanese data"; en *The Journal of Industrial Economics*, Vol. XLIX, No. 2, pp. 181-196.

Santiago, Fernando (2008); "Policy responses to the internationalisation of clinical trials to developing countries: Exploring the case of Mexico"; *Paper* presentado en la *Prime-Latin America Conference*, 24-26 de Septiembre, Ciudad de México, 18 pp.

Santiago, Fernando y Ludovico Alcorta (2008); "The influence of human resource management practices on learning and innovation: pharmaceutical firms in Mexico"; *Paper* presentado en la *VI Globelics Conference*, 22-24 de Septiembre, Ciudad de México, 22 pp.

Schumpeter, Joseph (1912); **Teoría del Desarrollo Económico**; México: FCE, 1978.

Schumpeter, Joseph (1928); "La inestabilidad del capitalismo"; en Rosenberg, Nathan (ed.1979), *Economía del cambio tecnológico*, México: FCE.

Schumpeter, Joseph (1950); **Capitalismo, Socialismo y Democracia**; Madrid, España: Aguilar S. A. Ediciones, 1971.

Shadlen, Ken (2007); **The Politics of Patents and Drugs in Brazil and Mexico: The Industrial Bases of Health Activism**; *Working Paper*, No. 07-05, Global Development and Environment Institute, Tufts University, USA; 28 pp.

Shane, Scott y Toby Stuart (2002); "Organizational Endowments and the Performance of University Start-Ups"; en *Management Science*, Vol. 48, No. 1, pp. 154-170.

Simon, Herbert (1983); **Naturaleza y Límites de la Razón Humana**; México: FCE, 1989.

Sloth, Esben (2008); **Fundamental Fields of: Post-Schumpeterian Evolutionary Economics**; *Working Paper*, No. 08-25; Danish Research Unit for Industrial Dynamics, www.druid.dk.

Solow, Robert (1992); **La Teoría del Crecimiento**; México: FCE.

Surroca, Jordi y Lluís Santamaría (2006); **La Cooperación Tecnológica como Determinante de los Resultados Empresariales**; Documento de Trabajo 06-01, Serie de Economía de la Empresa 01; Madrid, España; Universidad Carlos III, Departamento de Economía de la Empresa.

Sylos, Paolo (1966); **Oligopolio y progreso técnico**; Barcelona, España: ediciones oikos-tau.

Taboada, Eunice (2004); **¿Qué Hay Detrás de la Decisión de Cooperar Tecnológicamente? Propuesta Teórica Integradora para Explicar la Cooperación Tecnológica Inter-Firma**; Tesis del Doctorado en Ciencias Económicas; México: UAM.

Taboada, Eunice (2007); "Teoría del Crecimiento de la Empresa. La Perspectiva de Edith Penrose"; en Taboada, Eunice (coord.), *Hacia una Nueva Teoría de la Empresa: Elementos desde la Economía Institucional Contemporánea*; México: Ediciones y Gráficos EÓN, UAM-Azcapotzalco y Cuajimalpa, pp. 135-155.

Tecuanhuey, Eva (2008); "Red de Innovación para el desarrollo de Tecnología Educativa en el Sector Salud (Una experiencia de vinculación)"; Ponencia presentada en el *V Congreso Internacional Innovación, Tecnología y Desarrollo Regional*, 8-10 de octubre, San José de Costa Rica, 26 pp.

Teece, David (1988); "Technological change and the nature of the firm"; en Dosi, Giovanni et al. (ed.), *Technical Change and Economic Theory*; London and New York: Pinter Publishers.

Teece, David (1992); "Competition, cooperation, and innovation: Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress"; en *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 18, North-Holland, pp. 1-25.

Teece, David, Gary Pisano y Amy Shuen (1997); "Dynamic Capabilities and Strategic Management"; en *Strategic Management Journal*, Vol. 18, No. 7, pp. 509-533.

Thomas, Hernán y Renato Dagnino (2005); "Efectos de transducción: una nueva crítica a la transferencia acrítica de conceptos y modelos institucionales"; en *Ciencia, Docencia y Tecnología*, No. 31, Año XVI, pp. 9-46.

Thompson, Peter y Melanie Fox-Kean (2005); "Patent citations and geography of knowledge spillovers: a reassessment"; en *The American Economic Review*, Vol. 9, pp. 450-460.

Trens, Ernesto y Víctor M. Morales (2009); "La vinculación de patentes al registro sanitario de medicamentos, ¿es un estímulo a la innovación? El caso México"; en *medigraphic*, Vol. 52, No. 1, pp. 34-36.

Van, Brigitte y Anthony Arundel (2006); **OECD Biotechnology Statistics-2006**, Organisation for Economic Co-operation and Development.

Varela, Roberto y Leticia Mayer (comp.) (1994); **Los Grandes Problemas de la Ciencia y la Tecnología**; México: UAM, UNAM.

Vence, Xavier (1995); **Economía de la innovación y del cambio tecnológico**; Madrid, España: Siglo XXI Editores, S. A.

Veugelers, Reinhilde (1998); **Collaboration in R&D: an assessment of theoretical and empirical findings**; *Working Paper*.

Veugelers, Reinhilde y Bruno Cassiman (1998); **Make and buy in innovation strategies: evidence from belgian manufacturing firms**; Universidad Católica de Leuven, Bélgica y Universidad Pompeu Fabra, España; *Working paper*, pp. 31.

Wagner, Cynthia (1998); "Biotechnology in Mexico: placing science in the service of business", en *Technology in Society*, No-Vol. 20, pp. 61-73.

Williamson, Oliver (1975); **Mercados y jerarquías: su análisis y sus implicaciones antitrust**; México: FCE, 1991.

Williamson, Oliver (1985); **Las instituciones económicas del capitalismo**; México: FCE, 1989.

Williamson, Oliver (1996); "La lógica de la organización económica"; en Williamson, Oliver y Sidney Winter (comp.), *La naturaleza de la empresa. Orígenes, evolución y desarrollo*, México: FCE.

Williamson, Oliver (2002); "The Theory of the Firm as Governance Structure: From Choice to Contract"; en *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 16, No. 3, p.p. 171-195.

Williamson, Oliver y Sidney Winter (Comps.) (1996); **La naturaleza de la empresa. Orígenes, evolución y desarrollo**; México: FCE.

Winter, Sidney (1996); "Coase, la competencia y la corporación"; en Williamson, Oliver y Sidney Winter (comp.), *La naturaleza de la empresa. Orígenes, evolución y desarrollo*, México: FCE.

Zúñiga, María, Alenka Guzmán y Flor Brown (2007); "Technology Acquisition Strategies in the Pharmaceutical Industry in Mexico"; en *Comparative Technology Transfer and Society*, Vol. 5, No. 3, Colorado Institute for Technology Transfer and Implementation, USA, pp. 274-296.

Sitios web visitados y consultados

Asociación Mexicana de Industrias de Investigación Farmacéutica: <http://www.amiif.org/>

Cámara Nacional de la Industria Farmacéutica: <http://www.canifarma.org.mx/>

Danish Research Unit for Industrial Dynamics: <http://www.druid.dk/>

Directorio Empresarial de las Firms Farmacéuticas en el Distrito Federal:
http://eneldf.com/empresas-etapa_infosector-sector_3-subsector_35-rama_3521.html#ramas

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: <http://www.impi.gob.mx/>

Organisation for Economic Co-operation and Development: <http://www.oecd.org>

Science Citation Index del Institute for Scientific Information a través de la Universidad Autónoma Metropolitana: <http://www.isiknowledge.com/>

United States Patent and Trademark Office: <http://patft.uspto.gov/>

Apéndice 1

La insuficiencia de los incentivos como causa-efecto del patentamiento

Desde finales de los 1970, y más específicamente desde la primera mitad de los 1980, se observa un movimiento mundial en pro de la comercialización del conocimiento, generado principalmente en las universidades públicas; por supuesto, México no es ajeno a esta tendencia¹ (Luna, 1999; De Gortari, 1999). Los cambios, asociados a esta tendencia, reflejan la aparición de una nueva concepción de la actividad científica, que permea a los académicos y a las instituciones y que considera que es igualmente valioso generar conocimiento básico como aplicado para proyectos de investigación tecnológica con repercusiones en el sector productivo (De Gortari, 1999: 145).

Si bien, en los Estados Unidos la tradición por comercializar el conocimiento, en algunas universidades, ya venía de varias décadas atrás, es con las reformas llevadas a cabo a principios de los 1980 (*The Bayh Dole Act*) cuando se le da un vigoroso impulso a la comercialización del conocimiento a partir del reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual de las patentes concedidas a las universidades que previamente habían financiado los proyectos de investigación con fondos públicos (Mowery et al., 2004).

La euforia registrada por *The Bayh Dole Act* en los Estados Unidos y en el mundo desarrollado o en el en vías de serlo ocasionó pronto la necesidad de reformas en las legislaciones universitarias y en los propios sistemas de registro de patentes. Por ejemplo, Park (2008) muestra cómo evolucionó, en el periodo 1960-2005, un índice de la protección internacional de patentes, elaborado con base en variables tales como cobertura, participación en tratados comerciales internacionales, duración de la protección, mecanismos de reforzamiento y restricciones. Este índice fue diseñado para proporcionar un indicador de la fortaleza de la protección de patentes, no de la calidad de los sistemas de patentes. No obstante, el valor medio del índice se ha incrementado a través del tiempo. Esto es un reflejo de la reducción de la brecha en la fortaleza de los sistemas de patentes en

¹ De la cooperación espontánea y bilateral entre las universidades y varias empresas, en la década de 1980, se pasa a la cooperación inducida, se enmarca la proliferación de convenios y contratos variados, con la participación de una amplia gama de empresas de varios tamaños, de diversos sectores y con diversos objetivos perseguidos con la colaboración. Desde 1992, el gobierno, a través del CONACYT, otorgaría financiamiento a las instituciones públicas con un criterio explícito de rentabilidad, al establecer que en el área del desarrollo tecnológico sólo se distribuiría financiamiento cuando el sector productivo se encontrara involucrado (Luna, 1999: 127-128).

el mundo. Asimismo, estas tendencias reflejan la adopción de leyes sobre patentes más estrictas en los diversos países, particularmente después de los TRIPS (*trade-related aspects of intellectual property rights*) adquirieron mayor fuerza, así como la introducción de leyes sobre patentes en aquellos países que no tenían previamente sistemas de patentes (Park, 2008: 761-762).

De las primeras medidas que se observan son aquellas encaminadas al reconocimiento pecuniario de los inventores o innovadores, por ejemplo, las universidades involucradas en los asuntos de comercialización de la propiedad intelectual, institucionalmente, ahora reconocen y estipulan un esquema de recompensas para quienes hayan registrado y obtenido la concesión de una patente mediante las oficinas universitarias como instituciones puente. De hecho, primero el establecimiento de oficinas de vinculación con el entorno, y luego la apertura de las oficinas de transferencia de tecnología constituyen otras estrategias para consolidar la cultura de la comercialización del conocimiento. Estas medidas y estrategias están relacionadas con lo que se ha denominado la teoría de los incentivos en los procesos de invención e innovación.

Al cumplirse 3 décadas de la vigencia de las reformas en Estados Unidos, el *boom* del patentamiento parece no haber cubierto las expectativas de los inventores quienes esperaban retornos significativos del licenciamiento de las patentes concedidas. Sin embargo, según Mowery et al. (2004), ese hecho emblemático sí incrementó la propensión a patentar en las universidades, el patentamiento creció más en los campos de alta tecnología (ejemplo, en la industria biofarmacéutica), se incrementó la contribución de las instituciones científicas a la innovación y la aportación de las universidades al crecimiento económico es mayor.

En el ámbito del mundo en desarrollo, a pesar de no percibir efectos positivos claros del mayor patentamiento, los países han tendido a emular las reformas emprendidas inicialmente por los Estados Unidos. Como lo establece Luna, en México aunque se parte de la idea de que el crecimiento económico está sustentado en el avance y desarrollo tecnológicos, y de la necesidad de promover la investigación bajo un esquema de acercamiento de los sectores académico y productivo, que avance en la generación de su propia tecnología, sus demandas, tanto en el campo de la investigación y el desarrollo como en el de la educación superior y tecnológica, son bastante limitadas (Luna, 1999: 134). De

hecho, algunos autores han lanzado críticas severas a la forma en que América Latina transfiere desde marcos conceptuales hasta productos y procesos tecnológicos. Señalan que en general se trata de una transferencia en extenso acrítica de realidades ajenas a las nuestras².

En realidad, Forero (2006) señala que la nueva tendencia representa un cambio en la división internacional del trabajo resultante de la creciente importancia de los productos de alta tecnología en los flujos comerciales. Pero al mismo tiempo, la tendencia en los países en desarrollo parece ser la de estar a favor de reforzar un sistema de propiedad intelectual en relación con la comercialización de productos con alto contenido tecnológico. Y es que aún del fortalecimiento del patentamiento, Forero sostiene que los países en desarrollo se especializan en la producción de bienes manufacturados tradicionales, por su parte, los países más desarrollados en la producción de bienes tecnológicos de mayor valor.

Haciendo una breve recapitulación hasta este momento, se entiende que la tendencia a patentar los avances en el conocimiento generado en las universidades y en los centros públicos de investigación no se detendrá y, por el contrario, seguirá extendiéndose o fortaleciéndose; a pesar de que muchas patentes jamás sean explotadas comercialmente, que el hecho de patentar no se correlacione necesariamente con mayores ganancias pecuniarias para los inventores y las organizaciones, que haya una pobre correlación entre la I+D y el patentamiento (Heald, 2005: 498-502), y que ni siquiera las patentes con mayor potencialidad comercial registradas por las universidades sean atractivas para las empresas establecidas en los países en vías de desarrollo. Entonces, ¿cómo es que la convicción de los directivos universitarios hacia el patentamiento de sus productos y procesos científicos y tecnológicos parece ser irreversible? Una respuesta atractiva y convincente se encuentra en la teoría de los costos de transacción. Veamos de qué se trata:

² El marco de referencia conceptual y el instrumental de políticas públicas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina se han mostrado crecientemente inadecuados para responder a los desafíos del desarrollo socioeconómico. Los modelos transferidos de la realidad de los países centrales, son muy diferentes de la realidad local, por lo que hay una transferencia acrítica. En consecuencia, la escasa contribución social de los conocimientos científicos y tecnológicos localmente generados puede ser explicable por la inadecuada relación entre la comunidad de investigación, el Estado y la sociedad en general. Las empresas locales –en su abrumadora mayoría– no son “schumpeterianas” (no basan su acumulación en la realización de innovaciones, no tienden a internalizar las funciones de I+D, tampoco tienden a vincularse con los centros públicos de I+D). Hacer depender el futuro de América Latina exclusivamente del comportamiento de actores (empresas) inciertos e históricamente reacios a adoptar estrategias genuinamente innovadoras parece patéticamente ingenuo (Thomas y Dagnino, 2005: 11, 30-34).

Clarisa Long sostiene que las firmas patentan con la finalidad de enviar información a los mercados de capital respecto a la fortaleza y la capacidad en I+D, la calidad del capital humano y de las atractivas oportunidades de licenciamiento. Long sugiere que la reducción de los costos de información proporciona una importante explicación de la decisión para patentar. Aunque una firma no tenga la intención de explotar u otorgar en licenciamiento una invención o innovación, ésta todavía podría aplicar para una patente con la finalidad de mostrar el estado de su capacidad científica y tecnológica, y la calidad de su capital humano a otras empresas o a los mercados de capital³ (Long; en Heald, 2005: 475, 478, 503).

Otros autores institucionalistas, han enfatizado sobre la manera en que las patentes fortalecen la comercialización de los activos de información y estimulan la formación de un mercado más robusto para la información tecnológica. En efecto, los procesos de patentamiento, los sistemas de registro de patentes y las leyes (de patentes) de protección de la propiedad de las invenciones e innovaciones forman parte de un mecanismo más efectivo para la reducción de los costos de transacción de los activos intangibles (del conocimiento). Esto en comparación con mecanismos alternativos tales como un probable mercado de secrecías⁴, o arreglos contractuales incompletos y prohibitivos (Heald, 2005: 475-476).

Si un activo del conocimiento (por ejemplo una fórmula química) es patentado, *a posteriori* realizar una transferencia segura de tal activo, se simplifica enormemente. El

³ Una firma también podría patentar por el temor a que otra empresa obtuviera el control de los insumos tecnológicos necesarios para su producción. Este fenómeno de patentamiento defensivo pareciera una externalidad negativa al no buscar la transferencia de tecnología, no intentar enviar señales al mercado y no esperar obtener poder de mercado. No obstante, el sistema de patentes podría imponer un costo menor para mitigar este tipo de comportamientos (Heald, 2005: 503-504).

⁴ Ejemplo hipotético: en un mercado de secrecías intelectuales si se adquiriera una fórmula química como un secreto industrial, la empresa compradora desearía tener el mismo tipo de división de riesgo como el que se encuentra en un activo como el automóvil. En ausencia de una patente, sería muy costoso adquirir y mantener la fórmula libre de interferencias externas. Un problema inicial se origina por el hecho de que nadie puede grabarse (recordar) la denominación para un secreto comercial. La firma compradora tendría dificultad para determinar si la fórmula química puede transferirse legalmente por el vendedor, pues este último puede haberla robado de un tercero o, incluso, ser obtenida mediante la violación de una obligación de confidencialidad. Aún después de que la firma adquirió la fórmula química, el vendedor, es muy probable que retendría el conocimiento de ésta y, por tanto, la habilidad unilateral para reducir su valor usándola, revelándola a los competidores de la firma, o aún publicándola. De hecho, las transacciones de información son difíciles —si las transacciones involucran información que puede ser protegida sólo mediante secreto— sería difícil para el comprador saber si la información está siendo proporcionada a otras firmas. Se pueden establecer contratos para disuadir el comportamiento oportunista del vendedor del secreto, pero la entrada a los acuerdos de protección y su judicialización incrementa enormemente los costos de transacción. Aún si la ley implicara una promesa para no revelar el secreto, identificar las promesas implicadas resultaría muy oneroso (Heald, 2005: 480-481).

punto es que el sistema de registro de patentes reduce mucho el costo de identificar la calidad de los derechos legales que el vendedor otorga y, al mismo tiempo, establece un régimen de responsabilidad que no requiere que el comprador se embarque en un costoso arreglo de acuerdos de protección. De este modo, si la empresa está comprando o vendiendo una invención el sistema de registro de patentes reduce el número de contratos y los términos de éstos que requieren negociarse (Heald, 2005: 482-484). Por consiguiente, la capacidad que tienen las patentes depositadas en un sistema de registro, para dividir (transferir) los activos del conocimiento es una de las razones fundamentales por las cuales las organizaciones están aumentando su propensión marginal a patentar en el contexto de una economía que cada vez más tiende a vincular sus productos y sus procesos a la ciencia y a la tecnología, más allá de la transferencia efectiva y de los retornos inmediatos de las inversiones en tales rubros.

Además de que las patentes facilitan los intercambios de los activos del conocimiento entre las organizaciones, también facilitan el desarrollo de invenciones e innovaciones al interior de las organizaciones. Así pues, dentro de una firma, el registro de patentes reduce la necesidad de mantener cercada la información entre los miembros del equipo de trabajo.

Retomando el ejemplo de la fórmula química, en ausencia de una patente no habría un propietario reconocido de la fórmula, y su naturaleza intangible la haría vulnerable a una apropiación por alguno de los integrantes del equipo de trabajo. Una firma elegiría reducir la subapropiación estableciendo promesas de confidencialidad, cercando físicamente el secreto fuera del alcance de los miembros del equipo. Sin embargo, el tiempo y el esfuerzo necesario para administrar, monitorear y reforzar la confidencialidad en el contexto de un equipo grande es sustancial, aún donde los acuerdos de confidencialidad puedan utilizarse para reducir los costos de contratación. El mecanismo corporativo, por sí mismo, no puede de manera efectiva prevenir la asignación oportunista de los activos del conocimiento protegidos solamente por la ley del secreto comercial. Al establecer un título claro, el sistema de registro de patentes reduce el costo de la firma de guardar secretos y, por tanto, ayuda a reducir el costo de disuadir la búsqueda oportunista de rentas por los integrantes del equipo, mientras que simultáneamente incrementa la confianza y la cooperación en el equipo de trabajo (Heald, 2005: 487-488).

En las relaciones interfirma o interorganizacionales, las patentes protegen al dueño para que pueda compartir un activo de información sin el miedo de apropiación (por otros) mientras se acuerda el complejo equipo necesario para comercializar un nuevo producto. También se facilita la negociación porque los “castigos y los límites” de la invención patentada están delineados con relativa claridad en la ley de patentes. Aquí, el papel fundamental de las patentes es la protección de los derechos de propiedad para perpetuar un mercado para el comercio de la información tecnológica⁵. En consecuencia, el sistema de patentes reduce los costos de transacción en conjuntos tan diversos como las firmas individuales, las instituciones académicas, las oficinas de patentes y aún las instituciones financieras. En las firmas, el patentamiento puede ayudar para medir el desempeño de los empleados en I+D; y las patentes pueden jugar un papel significativo en la evaluación de la productividad. En las instituciones académicas, el sistema de registro de patentes proporciona una forma por medio de la cual puede organizarse efectivamente un equipo complejo sin que sea parte de una oficina central. En lo que se refiere a los financiadores de los proyectos innovativos, el sistema de registro de patentes hace menos costoso el monitoreo del estatus de los activos de información asegurando la inversión (Heald, 2005: 489-498).

Más allá de la búsqueda de la disminución en los costos de transacción (para el intercambio de los activos relacionados con el conocimiento) hay que tomar en cuenta que las empresas y las universidades o centros públicos de investigación sólo pueden aspirar a patentar siempre y cuando cuenten con los recursos y las capacidades científicas y tecnológicas para emprender esa carrera. Pero, de manera simultánea deben darse las condiciones institucionales (externas) a las organizaciones del conocimiento para que los productos y procesos relacionados con el conocimiento comiencen a prosperar (el contexto debe ser propicio); asimismo, las organizaciones deben hacer suya la cognición de la inventiva y de la innovación. En suma, la justificación del patentamiento mediante un

⁵ En su examen de la relación entre los proveedores independientes de insumos (pequeñas firmas de investigación) y las grandes firmas con mayor capacidad de comercialización, Arora y Merges encontraron que las patentes reducen el riesgo del oportunismo de la firma compradora. Cuando el costo del oportunismo se reduce, la confianza se incrementa entre el equipo interfirma, se crean sinergias y se fortalece la especialización y los *spillovers* positivos de la información. De hecho, el efecto de la *Bayh Dole Act* en la reducción de los costos de transacción asociada con las patentes puede ser suficiente para estimular la transferencia de tecnología y su explotación (Heald, 2005: 490-491).

potente entramado teórico transaccional debe complementarse con las posturas institucionalistas complementarias.

Referencias:

De Gortari, Rebeca (1999); "Los académicos: de la producción a la comercialización del conocimiento"; en Casas, Rosalba y Matilde Luna (coord.), *Gobierno, Academia y Empresas en México: hacia una nueva configuración de relaciones*; México: UNAM, Plaza y Valdez, 2ª. Edición.

Forero-Pineda, Clemente (2006); "The impact of stronger intellectual property rights on science and technology in developing countries"; en *Research Policy*, 35, pp. 808-824.

Heald, Paul (2005); "A Transaction Costs Theory of Patent Law"; en *Ohio State Law Journal*, Vol. 66, No. 3, pp. 473-509.

Luna, Matilde (1999); "La visión del sector privado hacia la universidad pública: de semillero de guerrilleros a semillero de emprendedores"; en Casas, Rosalba y Matilde Luna (coord.), *Gobierno, Academia y Empresas en México: hacia una nueva configuración de relaciones*; México: UNAM, Plaza y Valdez, 2ª. Edición.

Mowery, David y Bhaven Sampat (2004); "The Bayh Dole Act of 1980 and University Industry Technology Transfer: a Policy Model for Other Governments?", *Working Paper*.

Park, Walter (2008); "International patent protection: 1960-2005"; en *Research Policy*, 37, pp. 761-766.

Thomas, Hernán y Renato Dagnino (2005); "Efectos de transducción: una nueva crítica a la transferencia acrítica de conceptos y modelos institucionales"; en *Ciencia, Docencia y Tecnología*, No. 31, Año XVI, pp. 9-46.

Apéndice 2. Cálculo de las probabilidades condicionales de la *Tabla 13*

La obtención de las probabilidades que aparecen en las primeras dos filas de la tabla, es a partir de la adopción y sustitución del teorema de Bayes para el cálculo de las probabilidades condicionales, en efecto, este teorema consiste en la determinación de la probabilidad condicional de un evento dada la ocurrencia de otro evento. Para el caso de la tercera fila de probabilidades, se utilizan la multiplicación de probabilidades en la que se pretende determinar la probabilidad de que un evento suceda y otro también.

El teorema de Bayes es una forma particular de la fórmula general de la probabilidad condicional. Su importancia radica en que se aplica a eventos secuenciales; y también, es la base para determinar la probabilidad condicional de que un evento haya ocurrido en la primera posición secuencial una vez que un evento se ha observado en la segunda posición secuencial (Kazmier, 2003).

La fórmula del teorema de Bayes adaptada a las necesidades de la investigación es:

Para la primera probabilidad condicional:

$$P(Pub|Pat) = \frac{P(Pub)P(Pat|Pub)}{P(Pub)P(Pat|Pub) + P(Pub')P(Pat|Pub')}$$

Donde: *Pub* es publicación científica y *Pat* es la posesión de una patente vigente de producto.

Sustituyendo con las probabilidades correspondientes, tenemos:

$$P(Pub|Pat) = \frac{(0.2)(0.44)}{(0.2)(0.44) + (0.8)(0.26)} = 0.30$$

Aclaraciones: recuérdese que 0.2 es la probabilidad de que una firma biofarmacéutica publique un artículo científico, como sólo 4 empresas tienen patente de producto de las nueve que publicaron, entonces: $P(Pat|Pub) = 4/9 = 0.44$. Asimismo, de las 47 firmas biofarmacéuticas, 38 no publicaron pero de éstas, 10 cuentan con patente de producto, por tanto, la probabilidad de patentar sin haber publicado es: $P(Pat|Pub') = \frac{10}{38} = 0.26$.

Para la segunda probabilidad condicional:

$$P(VUCI|Pat) = \frac{P(VUCI)P(Pat|VUCI)}{P(VUCI)P(Pat|VUCI) + P(VUCI')P(Pat|VUCI')}$$

Donde: *VUCI* es la existencia de un vínculo colaborativo con alguna universidad o un centro de investigación, *Pat* es la posesión de una patente vigente de producto.

Sustituyendo en esta nueva fórmula las probabilidades correspondientes tenemos:

$$P(VUCI|Pat) = \frac{(0.4)(0.37)}{(0.4)(0.37) + (0.6)(0.25)} = 0.5$$

Aclaraciones: de todas las firmas clasificadas como biofarmacéuticas, 19 tienen vínculos colaborativos con alguna universidad o centro de investigación, por lo que $P(VUCI) = 0.4$; de las 19 que tienen *VUCI*, únicamente 7 poseen una patente de producto, por lo que $P(Pat|VUCI) = \frac{7}{19} = 0.37$; de las 47 biofarmacéuticas, 28 no cuentan con *VUCI*, por lo tanto, $P(VUCI') = \frac{28}{47} = 0.6$; finalmente, de todas las biofarmacéuticas que no poseen *VUCI*, 7 tienen al menos una patente vigente de producto, entonces:

$$P(Pat|VUCI') = \frac{7}{28} = 0.25$$

Finalmente, para la tercera probabilidad se aplica la regla de la multiplicación de probabilidades: $P(AyB) = P(A)P(B)$

Si se considera que $P(A) = 0.3$, y $P(B) = 0.5$, entonces la $P(A)P(B) = (0.3)(0.5) = 0.15$. Si los eventos son considerados como independientes.

Pero, si los eventos se consideran como dependientes:

$P(AyB) = P(A)P(B|A) = (0.3)(0.5) = 0.15$. Aquí cabe precisar que sólo dos empresas cumplen con la condición de que posean al menos una patente vigente de producto, hayan publicado un artículo científico en colaboración, y a la vez tengan algún *VUCI*; entonces, la probabilidad de que una firma biofarmacéutica tenga una patente de producto habiendo publicado y dado que posee *VUCI* es de 2/4.


$$P(Pub|Pat) = \frac{(0.2)(0.67)}{(0.2)(0.67) + (0.8)(0.32)} = 0.34,$$

$$P(VUCI|Pat) = \frac{(0.4)(0.53)}{(0.4)(0.53) + (0.6)(0.29)} = 0.55,$$

$$\text{y} \quad P(A)P(B) = (0.34)(0.55) = 0.19.$$

Referencia:

Kazmier, Leonard (2003); **Estadística Aplicada a la Administración y a la Economía**, tercera edición; México: Mc Graw Hill.