

CONVERGENCIA DE PARADIGMAS BIOTECNOLÓGICOS Y ESTRATEGIAS DE LOS GRUPOS LÍDERES MUNDIALES

Pablo Lavarello*

Fecha de recepción: 24 de julio de 2013. Fecha de aceptación: 21 de agosto de 2013.

RESUMEN

El propósito de este artículo es analizar la diversificación tecnológica de las grandes firmas frente a la emergencia de nuevos paradigmas tecnológicos. A partir de la sistematización de una base de datos de patentes, en este trabajo se hace la pregunta, por un lado, ¿estos procesos dan lugar a la convergencia entre las bases de conocimiento y la emergencia de un nuevo paradigma de biotecnología industrial? Por el otro, se discute a partir de datos de los principales grupos en escala internacional si la mencionada diversificación da lugar a una base de conocimientos coherentes o es, simplemente, una expansión conglomeral, existiendo aun posibilidades de entrada para firmas de países en desarrollo.

Palabras clave: biotecnología, paradigma tecnológico, innovación tecnológica, diversificación tecnológica, coherencia tecnológica.

Clasificación JEL: L65, O31, O33, O34.

THE CONVERGENCE OF BIOTECHNOLOGY PARADIGMS AND THE STRATEGIES OF LEADING WORLD GROUPS

Abstract

This article aims to analyze how major companies have diversified their technology in response to the emergence of new technology paradigms. Starting with a classification of a patent database, this work questions, first, if these processes give rise to convergence between the knowledge bases and the emergence of a new industrial biotechnology paradigm. Second, this work discusses data from major groups on the international scale to determine if this diversification has produced a coherent knowledge base or if it is simply conglomerate growth, and whether there are still entry opportunities for companies in developing nations.

Key Words: Biotechnology, technology paradigms, technological innovation, technological diversification, technology coherence.

* Centro de Estudios Urbanos y Regionales del Conicet, Argentina. plavarello@conicet.gov.ar

CONVERGENCE DE PARADIGMES BIOTECHNOLOGIQUES ET STRATÉGIES DES GROUPES LEADERS AU NIVEAU MONDIAL

Résumé

Le but de cet article est d'analyser la diversification technologique des grandes firmes face à l'émergence de nouveaux paradigmes technologiques. A partir de la systématisation d'une base de données sur les brevets, il est d'une part posé la question de savoir si ces processus donnent lieu à la convergence entre les bases de connaissance et l'émergence d'un nouveau paradigme de biotechnologie industrielle. D'autre part, il est discuté à partir de données concernant les principaux groupes au niveau mondial, la question de savoir si la diversification mentionnée revêt une base de connaissances cohérentes ou si elle ne constitue qu'une expansion des conglomerats, des possibilités d'entrer existant même pour les firmes des pays en développement.

Mots clés: biotechnologie, paradigme technologique, innovation technologique, diversification technologique, cohérence technologique

CONVERGÊNCIA DE PARADIGMAS BIOTECNOLÓGICOS E ESTRATÉGIAS DOS GRUPOS LÍDERES MUNDIAIS

Resumo

O propósito deste artigo é analisar a diversificação tecnológica das grandes firmas diante da emergência de novos paradigmas tecnológicos. A partir da sistematização de uma base de dados de patentes, neste trabalho se a pergunta, por um lado, se esses processos dão lugar à convergência entre as bases de conhecimento e a emergência de um novo paradigma de biotecnologia industrial. Pelo outro lado, se discute a partir dos dados dos principais grupos em escala internacional se a mencionada diversificação dá lugar a uma base de conhecimentos coerentes ou é, simplesmente, uma expansão conglomeral, existindo ainda possibilidades de entrada para firmas dos países em desenvolvimento.

Palavras-chave: biotecnologia, paradigma tecnológico, inovação tecnológica, diversificação tecnológica, coerência tecnológica

生物技术模式聚合和世界大公司的战略

摘要

本文的目标是分析主要大公司如何实现技术多元化,以应对新技术模式的出现。从技术数据库的分类开始,本文首先提出质疑,即这些过程是否导致了知识基础和新的工业生物技术模式产生之间出现了聚合。其次,本文讨论了国际主要大公司的数据,判断技术多元化是否产生了连贯的知识基础,或者仅仅是大企业的增长,而且在发展中国家是否仍然存在公司的市场进入机会。

关键词: 生物技术 技术模式 技术创新 技术多元化 技术连贯性

INTRODUCCIÓN

Una amplia literatura ha analizado las condiciones bajo las cuales ciertos países en desarrollo han logrado reducir las brechas tecnológicas ante la emergencia de nuevas tecnologías (Perez y Soete, 1988: 458; Malerba y Nelson, 2011:1645). Estos trabajos han llegado a la conclusión que hay ciertos periodos de transición entre distintas revoluciones tecnológicas que abren posibilidades (transitorias y excepcionales) de entrada para las empresas de los países en desarrollo en nuevos sectores, siempre que cuenten con el apoyo de instituciones adecuadas de ciencia y tecnología. Dependiendo de la complementariedad entre las nuevas tecnologías y las trayectorias tecnológicas existentes, en estos periodos los requisitos mínimos en materia de inversiones en capacidades productivas y experiencia (productiva y regulatoria) pueden pasar a un segundo plano *vis à vis* los requisitos en conocimientos científicos y tecnológicos (Perez y Soete, 1988). Luego, el análisis de las posibilidades de desarrollo requiere tener en cuenta la naturaleza específica de la base de conocimiento de cada revolución tecnológica en los países centrales y la respuesta de los grupos dominantes.

Hay varios trabajos que han analizado las condiciones de entrada tecnológicas y regulatorias específicas a diversas actividades biotecnológicas de países en desarrollo (Katz y Bercovich, 1990; Possas *et al.*, 1994; Guzman *et al.*, 2004). Desde una perspectiva diferente, este artículo buscará analizar la recomposición de la base de conocimientos frente a las nuevas biotecnologías en un conjunto de sectores en los que los grandes grupos químicos de los países centrales han logrado mantener sus posiciones de liderazgo desde finales del siglo XIX (Chandler Jr., 2005). Acabando el siglo XX, se produjeron sucesivas oleadas de revoluciones en biología molecular (proteínas recombinantes, anticuerpos monoclonales, genómica, proteómica, etc.) que hicieron que los principales grupos farmacéuticos, químicos y agroalimentarios diversificaran sus bases de conocimiento más allá de sus capacidades centrales.

Estas dinámicas de revolución tecnológica plantean una tensión en el seno de los enfoques neoschumpeterianos, entre una concepción de la actividad tecnológica altamente específica a las industrias y la presencia de estrategias de diversificación tecnológica. Estos últimos permiten dar cuenta de la posibilidad de convergencia entre distintas bases de conocimiento sectoriales, en línea con la emergencia de un paradigma tecnológico que trasciende las industrias específicas. Por último, hay un tercer conjunto de trabajos que destacan los problemas de coherencia al interior de las firmas resultante de la diversificación hacia actividades y tecnologías muy diferentes (Teece *et al.*, 1992: 2; Saviotti, 2002).

Partiendo de esta discusión, este artículo se plantea como interrogante: si como resultado de esta tensión entre convergencia y divergencia tecnológica nos encontramos frente a un paradigma biotecnológico común a varias industrias o, por el contrario, coexisten diversos paradigmas sectoriales, altamente específicos (y complementarios) a las trayectorias preexistentes en cada industria. Frente a la creciente complejidad asociada a la coexistencia de distintas tecnologías surge como segundo interrogante si las firmas líderes en los sectores de difusión de la biotecnología han logrado consolidar una base de conocimientos coherente que les permita transformar las oportunidades tecnológicas en nuevos productos y procesos, o bien, se han limitado a una expansión conglomeral en la que las distintas tecnologías se asimilen a activos de una cartera financiera.

A fin de desarrollar estos interrogantes se parte de un abordaje metodológico que utiliza los datos de patente de una muestra de grupos líderes en biotecnología para medir la diversificación tecnológica. En la sección 1, se discute conceptualmente cómo la tensión entre procesos de especialización y diversificación tecnológica, al interior de las grandes firmas, se expresan en el nivel agregado en la emergencia de nuevos paradigmas tecnológicos. Luego de presentar el marco empírico, en la sección 13 se indaga en qué medida hay una tendencia a la convergencia en una base de conocimientos común a las distintas industrias. En la sección 14, se analiza si este proceso se manifiesta en estrategias de diversificación coherente de la base de conocimientos, o si predominan estrategias de exploración tecnológica con bajo grado de articulación entre los diversos y variados campos de conocimiento, analizando la incidencia de estas estrategias sobre el ritmo de innovación biotecnológica de las empresas. Finalmente, se presentan las conclusiones y nuevos interrogantes de investigación.

1. MARCO CONCEPTUAL

El punto de partida de este artículo es una visión de innovación tecnológica según la cual la misma involucra la solución de problemas tecno-económicos que deben alcanzar ciertos requisitos de costos y de realización en el mercado. Esto nos lleva a la noción de paradigma tecnológico desarrollada por Dosi (1988: 221), que comprende una *base de conocimientos* resultante, por un lado, de distintas oportunidades científicas para futuras innovaciones y, por el otro, un conjunto acotado heurísticas o procedimientos de búsqueda sobre cómo explotar estas oportunidades y asegurar su apropiación.

La teoría de las competencias organizacionales y las tensiones al interior de la firma

En un contexto de alta incertidumbre en los mercados, y respecto a la evolución de la tecnología, las firmas acotan sus búsquedas de soluciones a ciertos principios científicos y partiendo de las tecnologías dadas. Este conjunto de heurísticas sobre “cómo hacer las cosas” y “cómo mejorarlas” se encuentran incorporadas en las rutinas organizacionales de las firmas, esto es, en ciertos patrones repetitivos de solución de problemas (Nelson y Winter, 1982: 97). Luego las firmas son entendidas como repertorios de rutinas que definen sus capacidades dinámicas y su competitividad. Esto permite definir los límites de la firma más allá de los costos de transacción, internalizando aquellas actividades en las que éstas tienen “capacidades centrales”, esto es, las actividades de innovación, producción y comercialización de un conjunto acotado de productos que la firma “sabe hacer bien”.

No obstante, como señala Teece (2008: 509), si bien esta visión llena un vacío de la teoría neoclásica al explicar cómo las firmas innovan en un contexto de incertidumbre, en ciertas circunstancias de cambio de paradigma tecnológico, las firmas deben explorar con mayor intensidad por fuera de su base de conocimientos previa, buscando oportunidades y orquestando complementariedades para crear “nuevas combinaciones”. Como sostiene Dosi (1988: 1133), en estas circunstancias se plantea una tensión en la estrategia de la firma “entre los esfuerzos necesarios para mejorar las capacidades en realizar las cosas existentes, monitorear los contratos existentes, asignar los recursos dados, por un lado, y por el otro, el desarrollo de capacidades para hacer nuevas cosas o cosas viejas en nuevas formas”.

Esta tensión se manifiesta en la literatura sobre innovación tecnológica. Por un lado, los trabajos empíricos de inspiración neoschumpeteriana destacan: *i)* el carácter *acumulativo y específico a cada industria* de la innovación, que se explica por el conocimiento técnico-práctico resultante de la combinación de experimentación, experiencia e interacciones al interior de las firmas o entre proveedores y usuarios de nuevos productos (Patel y Pavitt, 1997: 141). Desde esta perspectiva, predominarían procesos de *dependencia de sendero*, resultando en la persistencia de las trayectorias tecnológicas divergentes. Por otro lado, la literatura reconoce la importancia de los procesos *ii)* de *diversificación de la base de conocimientos* más allá de los específicos a la industria frente a las oportunidades científicas y tecnológicas no explotadas y/o de problemas que no logran resolverse con la tecnología existente (Patel, 1999: 8; Von Tunzelmann, 2006: 6). Este proceso de diversificación tecnológica de las empresas

de distintas industrias puede explicar la posibilidad de una tendencia hacia la convergencia de una base de conocimientos compartida y la emergencia de un paradigma tecnológico compartido por varias industrias.

Diversificación tecnológica de las firmas y emergencia de paradigmas tecnológicos

Los paradigmas tecnológicos comprenden distintas fases desde su emergencia, en las que coexisten, inicialmente, distintas oportunidades y procedimientos de búsqueda y que, en determinado momento de su desarrollo, tiene lugar la selección de un conjunto acotado de patrones de resolución de problemas a partir de cierta base de conocimientos.

Diversos trabajos sobre la evolución en el tiempo de los procesos innovativos en industrias manufactureras muestran que hay distintas fases en la difusión de una tecnología en una industria (Abernathy y Utterback, 1978: 40; Afuah y Utterback, 1997: 183). En la fase inicial de una nueva tecnología, la competencia entre empresas se focaliza en las características de los productos. La búsqueda de soluciones tecno-económicas se orienta a la innovación de productos apoyándose en tecnología de procesos existentes. En el caso de las industrias de procesamiento, las innovaciones de producto requieren en forma complementaria innovaciones radicales de proceso, en este caso, las firmas deben diversificar sus bases de conocimiento a fin de encontrar soluciones a la resolución de problemas como el escalado de productos más allá del laboratorio. A medida que se avanza en el ciclo de desarrollo del paradigma la tecnología se estabiliza y la innovación deviene un incremento a partir de aprendizajes sobre la base de conocimientos; los prácticos en la producción y en aspectos regulatorios traen a los centrales *vis à vis* los conocimientos formales en la I+D. Las ventajas de costos pasan a dominar la competencia. En estas etapas la innovación adquiere un carácter fuertemente dependiente del sendero previo y se elevan las barreras a la entrada.

Aquí se puede apreciar cómo reaparece en el marco del ciclo de difusión de las tecnologías la tensión que hay entre la *dependencia de sendero*, a partir de las tecnologías previas, y la *diversificación tecnológica* por parte de las firmas. En la fase de emergencia de un nuevo paradigma tecnológico, hasta que el mismo termina de instalarse, las firmas pasan de una situación de alta dependencia de sendero respecto a las bases de conocimientos a una mayor diversificación de las tecnologías por parte de las firmas. Este proceso de diversificación tecnológica, al interior de un sector, puede ir o no acompañada de una conver-

gencia de las distintas bases de conocimientos sectoriales en un conjunto de heurísticas comunes a todas las industrias. Una vez que se instala el paradigma tecnológico y avanza hacia su consolidación, esta diversificación comienza a disminuir y la innovación asume un aumento en la resolución de cuellos de botella en los procesos, reforzándose la dependencia de sendero.

Como consecuencia de la diversificación tecnológica, el paradigma tecnológico no se acota necesariamente a un sector sino que, según la fase de desarrollo del mismo, abre oportunidades variables de difusión a otros sectores, con el surgimiento de nuevas industrias y su adopción por varias industrias pre-existentes, generando nuevos sistemas tecnológicos y/o rejuveneciendo los previos (Freeman y Perez, 1988: 38). Luego, para que un conjunto de paradigmas tecnológicos sectoriales converjan en un sistema tecnológico, la combinación de las distintas tecnologías debe permitir la emergencia de una base de conocimientos común y un conjunto de heurísticas de I+D compartidas entre varias industrias, posibilitando el surgimiento de nuevos procesos productivos e insumos clave que posibiliten sensibles disminuciones de costos.

Diversificación coherente *versus* diversificación conglomeral: la estrategia tecnológica de los grupos frente a nuevos paradigmas tecnológicos

Hasta el momento hemos hecho hincapié en la diversificación tecnológica de las empresas haciendo abstracción de las complementariedades entre las distintas tecnologías internalizadas por las firmas. Teece *et al.* (1992: 25) han argumentado que a fin de no ser desplazadas por la competencia, las firmas requieren cierto grado de coherencia en su base de conocimiento.

El concepto de coherencia se explica por el carácter localizado del aprendizaje, el cual es un proceso de ensayo, retroacción y evaluación en la resolución de problemas; es difícil cambiar en forma simultánea múltiples parámetros de los productos y los procesos productivos sin una reducción del ritmo de aprendizaje. Desde esta perspectiva las firmas se focalizan en cierto conjunto de saberes tecnológicos que definen sus capacidades tecnológicas centrales, no obstante, también integran un conjunto de capacidades tecnológicas secundarias que son complementarias a las capacidades centrales. Bajo ciertas circunstancias de mayor presión competitiva, las capacidades secundarias pueden pasar a ser principales, sirviendo como tensores del cambio de cartera de la firma.

Desde esta perspectiva, las firmas van diversificando sus capacidades tecnológicas y cambiando su base de conocimiento en función de las complementariedades entre las tecnologías centrales y secundarias (Coriat y Weinstein,

1995: 126). De esta forma, las grandes firmas van cambiando su base de conocimientos manteniendo cierto grado de coherencia de su base de conocimientos más allá de una cartera aleatoria de tecnologías.

La búsqueda de coherencia tecnológica no es un rasgo común a todas las grandes empresas y dependerá del contexto competitivo en el que éstas operan. En los últimos años asistimos a un fuerte proceso de adquisición y fusión de empresas biotecnológicas por parte de los grupos líderes de base química/farmacéutica o del comercio de granos. Estos procesos conducen a estrategias de diversificación conglomerales propios de forma de organización en *holding*. Desde la perspectiva de la teoría de la coherencia de la forma, estos grupos sólo pueden sobrevivir a la competencia en el marco de un bajo grado de selectividad asociado a la presencia de barreras industriales y regulatorias a la entrada (Dosi *et al.*, 1992: 27).

Cabe preguntarse cuál es el papel de la competencia tecnológica en este estadio de la concentración y centralización del capital en el que varias industrias se encuentran dominadas por grupos con estrategias conglomerales. Sólo en aquellos contextos competitivos en los que los grupos logran mantener altas barreras regulatorias o controlar activos complementarios, como es el caso de ciertos grupos farmacéuticos, una estrategia de diversificación conglomeral logrará ser viable. En un contexto de bajas barreras a la entrada, la fuerza de la competencia obligará a los grandes grupos a ajustar su cartera de tecnologías o a perder participación en los mercados.

En función de estas consideraciones generales cabe preguntarse: cuál es la forma de diversificación tecnológica que asumen los grupos y empresas biotecnológicas, si predomina una diversificación coherente o una estrategia conglomeral. Es de esperarse que en la medida que las grandes empresas se diversifiquen en forma coherente en el nivel tecnológico y productivo, mayor será su capacidad de aprovechar economías de escala y variedad logrando elevar las barreras dinámicas a la entrada a la industria.

...

Aquí se plantea como pregunta si, como resultado de la tensión entre convergencia y divergencia en la base de conocimientos, nos encontramos frente a un paradigma biotecnológico común a varias industrias, o por el contrario, coexisten diversos paradigmas sectoriales altamente específicos (y complementarios) a las trayectorias preexistentes en cada industria. Frente a la fuerte incertidumbre asociada a la coexistencia de distintas bases de conocimiento, surge como segundo interrogante si las firmas líderes en los sectores de difusión de la biotecnología han logrado consolidar una base de conocimientos coherente que les permita transformar las oportunidades tecnológicas en nue-

vos productos y procesos o bien, se han limitado a una expansión conglomeral en la que las distintas tecnologías se asimilen a meros activos de una cartera financiera.

2. METODOLOGÍA Y BASE DE DATOS

A fin de analizar el grado de convergencia entre las bases de conocimiento biotecnológicas de distintas industrias y las respuestas microeconómicas de las firmas, en términos de diversificación tecnológica, se parte de un abordaje metodológico que utiliza los datos de patentes como indicador de la composición y evolución de las bases de conocimiento de las firmas (Graaf, 2002; Saviotti, 2002). Si bien el objetivo de este trabajo no es hacer una revisión exhaustiva de las ventajas y desventajas de las patentes como indicador de la base de conocimientos, es posible señalar los principales puntos débiles de este tipo de indicadores (Pavitt, 1988: 123). Entre las críticas más usuales es importante mencionar que la propensión a innovar no es igual entre sectores ni entre firmas, generando sesgos en las estimaciones de la propensión a innovar. No será la misma propensión a patentar en una industria química-farmacéutica que en una metalmecánica, ni entre una gran empresa de un país desarrollado y una empresa independiente de un país periférico.

Como afirma Griliches (1990), a pesar de todas las limitaciones de las patentes, constituyen una fuente única de información, dada su cobertura y la relativa homogeneidad del criterio de construcción de la información. Las patentes reflejan un potencial de las tecnologías y de ninguna manera puede asimilarse a una información sobre nuevas tecnologías validadas por el mercado. De esta manera, una amplia gama de información sobre los campos científicos involucrados es de gran utilidad para analizar la base de los conocimientos.

Por su parte, es importante remarcar que las patentes son un indicador de invención y no necesariamente se traduce en nuevos productos y procesos. La base de conocimientos necesaria para una innovación también involucra conocimientos tácitos resultantes de aprendizajes en la práctica de diseñar, fabricar y desarrollar productos, así como aprendizajes en aspectos cruciales como los regulatorios y comerciales con que las firmas deben contar en la realización de los productos en el mercado (Brusoni *et al.*, 2000). Si bien estos elementos son importantes, en el caso particular de las industrias farmacéuticas y químicas las patentes constituyen una buena aproximación de la base de conocimientos (Saviotti, 2002). Durante el periodo de estudio, este es un rasgo aún más notorio, dado que todas las industrias basadas en biotecnología se centraron en la absorción de conocimientos científicos y tecnológicos.

Con el objetivo de definir la base de conocimientos biotecnológicos, se aplica la definición de biotecnología de la OCDE, a partir de la clasificación internacional de patentes (CIP). Los códigos CIP son asignados a las patentes por los evaluadores, si bien hay entre los evaluadores diferentes puntos de vista sobre los significados de las categorías, hay un acuerdo respecto a los criterios utilizados para su clasificación. Esto permitió tomar como unidad de análisis el código CIP asignado y agruparlo en distintas áreas biotecnológicas según la clasificación indicada en el anexo (véase la p. 31).

La muestra comprende una selección de 43 empresas correspondientes a las distintas aplicaciones de biotecnología industrial: salud humana, alimentos, enzimas y aplicaciones de la biomasa en biopolímeros y otros sustitutos de insumos de base química.¹ Si bien la selección se centró en las grandes firmas diversificadas se seleccionaron empresas especializadas en biotecnología que fueron en su origen *start ups* y actualmente son empresas integradas. Se utilizó como fuente de información las patentes otorgadas por la oficina de patentes de Estados Unidos, sistematizada por la base de datos Delphion.² La elección de la oficina de patentes de Estados Unidos se justifica en que esta economía es un terreno de expansión de cualquier empresa con capacidad y voluntad de competir en escala mundial. A partir de ello se logró identificar para el conjunto de empresas preseleccionadas, las patentes otorgadas entre 1980 y junio del 2009 que corresponden a la definición de biotecnología de la OCDE (véase el anexo).

3. EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN ESCALA SECTORIAL Y MICROECONÓMICA: ALGUNOS RESULTADOS A LA LUZ DE INDICADORES DE PATENTES

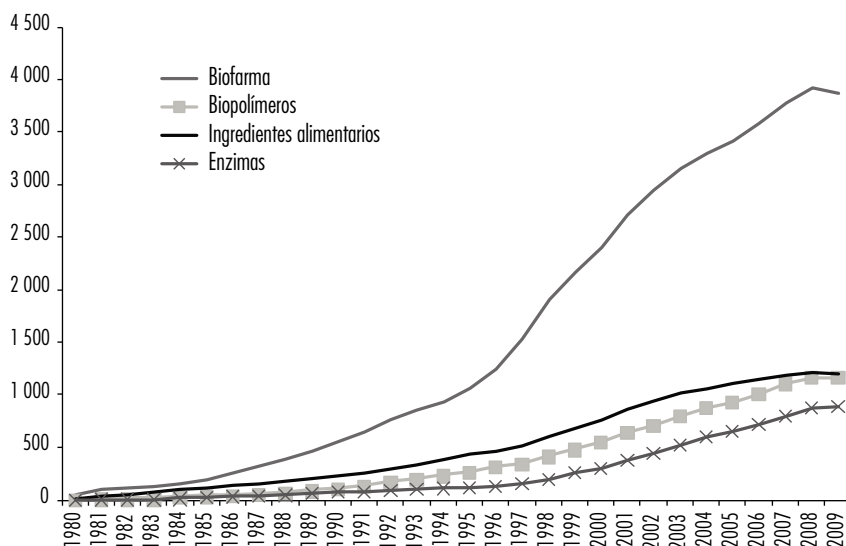
El desarrollo de las tecnologías, tal como fue analizado en la sección precedente, sugiere que los paradigmas tecnológicos se caracterizan por un periodo

¹ Se excluye del análisis a varias empresas de origen químico diversificadas hacia la agrobiotecnología, que si bien son de gran importancia en el análisis de la base de conocimientos biotecnológica, las mismas presentan una dinámica específica que la diferencian de las actividades industriales en materia de procesos productivos y de derechos de obtentor que exceden a las patentes como indicador de su base de conocimientos. Para un análisis muy ilustrativo de estas dinámicas véase Bisang *et al.* (2006).

² La elección de las patentes otorgadas y no solicitadas se justifica en el hecho de que mientras las segundas la empresa solicitante asigna su pertenencia a un campo tecnológico según un criterio más o menos subjetivo (o intencional), en el caso de las patentes otorgadas intervienen los evaluadores de la oficina de patentes.

de crecimiento rápido de las oportunidades tecnológicas en una industria, seguido por otro de crecimiento más moderado, formando una suerte de curva “S” de oportunidades tecnológicas seguido, a su vez, por un declive (Andersen, 2000: 30). El *stock* de patentes resulta un indicador aproximado de las oportunidades abiertas por la tecnología, y en esto se diferencia de la curva de difusión de los productos comercializados.³ No es posible establecer el periodo medio en el que las patentes garantizan una ventaja a las firmas en cuanto mecanismo de apropiación de los resultados de la innovación, dado que hay distintas estrategias y regulaciones que extienden su vida útil o aumentan la amplitud de sus reivindicaciones (Barton *et al.*, 2002), no obstante, a fin de utilizar las patentes como indicador aproximado de conocimientos científicos y tecnológicos de las firmas. En línea con el trabajo de Graaf (2002: 10) se adoptó como criterio *ad hoc* que a partir de 13 años de otorgadas, las mismas dejan de reflejar una oportunidad tecnológica para las empresas.

Gráfica 1. Biotecnología industrial: *stock* acumulado de patentes otorgadas por UPSTO según industria de aplicación



Nota: *Stock* de patentes calculado, suponiendo que las patentes dejan de formarlos a los 13 años.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos (UPSTO, por sus siglas en inglés).

³ No debemos confundir esta curva con la de difusión. Esta última muestra la realización de los productos nuevos en el mercado, la curva de oportunidades refleja solamente los potenciales desarrollos, indicado por el *stock* de patentes.

Como se desprende de la gráfica 1, la magnitud y el ritmo con el que aparecen las oportunidades biotecnológicas es diferente según las áreas de aplicación. La magnitud de las oportunidades es significativamente mayor en el caso de la farmabiotecnología que en el caso de las otras aplicaciones, las de las biotecnologías no presentan tampoco la misma evolución en el tiempo en los tres sectores. En el caso del patrón temporal de oportunidades tecnológicas para los ingredientes alimentarios y las enzimas, se evidencia una fase inicial de expansión hasta finales de los años noventa, seguida por una moderación y estancamiento en las tasas de crecimiento en 2008. En el caso de los biopolímeros, el *stock* de patentes muestra un crecimiento más monótono (menos cíclico) que el resto. La industria farmacéutica muestra una evolución sensiblemente diferente: se evidencian sucesivas oleadas de oportunidades que no llegan a una etapa de madurez.

Es de esperar, que estas evoluciones en la magnitud de oportunidades biotecnológicas sean acompañadas por cambios en la estructura de la base de conocimientos y su campo y que algunos adquieran un peso mayor que otros.

Acumulatividad y convergencia entre distintas aplicaciones de la biotecnología industrial

En esta sección desarrollamos la pregunta planteada en la sección 1: en qué medida las estructuras de las bases de conocimientos están sujetas a procesos acumulativos de “dependencia de sendero” durante todo el periodo bajo estudio, o si las mismas muestran procesos de convergencia de la base de conocimientos dando lugar a la emergencia de un paradigma biotecnológico común.

Evolución de la estructura de la base de conocimientos

Previo a analizar estos procesos específicos para cada industria, es interesante mostrar cómo ha cambiado la composición de la base de conocimientos conjunta, correspondiente a cada una de las tres décadas de difusión de las biotecnologías (véase el cuadro 1). Puede apreciarse que la diversificación de la base de conocimientos aumentó levemente, como lo indica la caída del índice de Hirschman-Herfindalh. Los cambios en la estructura y en la jerarquía de las distintas tecnologías fueron más notorios entre las décadas del ochenta y noventa, que entre esta última y la primera década del nuevo milenio. Esto estaría indicando que después de una fase inicial en el que las firmas incorporan nuevos conocimientos, a partir de los noventa las biotecnologías se estabilizan

Cuadro 1. Biotecnología industrial: cambios de la composición de la BC (en porcentaje y clasificación)

<i>Biotecnología</i>	<i>1980</i>		<i>1990</i>		<i>2000</i>	
	%	Orden	%	Orden	%	Orden
Microorganismos	15.369	2	18.760	1	18.640	1
Péptidos	14.489	4	15.243	2	14.139	2
Ingeniería genética general	6.364	7	12.344	5	13.798	3
Medición o tests biológicos	22.072	1	13.349	3	10.107	6
Bioprosesamiento	14.827	3	9.947	6	11.386	4
Preparaciones medicinales (antibióticos, vitaminas, hormonas)	12.593	5	12.756	4	9.364	7
Enzimas	8.057	6	9.883	7	11.326	5
Líneas celulares y tejidos vegetales	1.828	8	2.822	8	3.818	8
Genes que codifican enzimas o proenzimas	1.422	10	2.667	9	3.215	9
Genes que codifican proteínas	0.203	12	0.799	10	2.210	10
Aparatos para enzimología o microbiología	1.760	9	0.786	11	0.777	12
Procesos para modificación de genotipos	0.135	13	0.451	12	1.045	11
Cultivo de tejidos	0.000	14	0.103	13	0.134	13
Técnicas de biorremediación	0.880	11	0.090	14	0.040	14
Índice de Hirschman-Herfindalh	0.143		0.129		0.122	

Fuente: : Elaboración propia a partir de datos de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos (UPSTO).

en un patrón más o menos ordenado de heurísticas a partir de las cuales se llevan adelante las innovaciones.

Al analizar en detalle la composición de la base de conocimientos, se evidencia que hay un conjunto de biotecnologías que en los ochenta aún no tenían gran peso, y que luego fueron aumentando significativamente su importancia hasta llegar, en la actualidad, a ubicarse entre las que más atraen el interés de la industria. En este grupo cabe señalar que las técnicas de ADN recombinante, como la ingeniería genética, que pasaron de ocupar el séptimo

lugar en importancia al tercero. En menor medida, aumentó el peso de los desarrollos de péptidos (en gran parte explicado por los desarrollos de anticuerpos monoclonales y policlonales). Finalmente, hay técnicas biotecnológicas que, si bien tuvieron un peso importante al principio, al final, perdieron importancia, como los *tests* o dispositivos de medición biológicos, que de ser la primera tecnología en importancia en la década de los ochenta, ocupa un sexto lugar en los años 2000.

Es importante destacar que hay importantes elementos de continuidad en la composición de la base de conocimientos; ciertas biotecnologías tradicionales ocuparon durante todo el periodo un posicionamiento relevante en la estructura de la base de conocimientos. La identificación y uso de distintos microorganismos continúa siendo central, aun después de la difusión de la ingeniería genética.⁴ Por su parte, las tecnologías de enzimas con aplicaciones en diversos usos industriales y las tecnologías de bioprocesamiento también mantuvieron un peso relevante en la estructura de la base de conocimiento. Lo cual muestra que independientemente de la emergencia de la ingeniería genética y luego de la genómica, hay un conjunto de tecnologías complementarias en las que las empresas contaban con capacidades acumuladas, y que justamente es la capacidad de aprovechar esas complementariedades lo que le permite a los grupos ir diversificando gradualmente su base de conocimientos.

Acumulatividad y dependencia de sendero en las aplicaciones de la biotecnología

Del análisis precedente es posible inferir que la tensión entre el carácter dependiente de sendero de ciertas tecnologías propias del paradigma tecnológico previo y la aparición de nuevas tecnologías como el ADN recombinante estuvo presente en distintos grados a lo largo del periodo analizado. A fin de analizar sistemáticamente dicha tensión, estimamos la correlación estadística ρ entre la composición de la base de conocimientos de la industria en la década de los noventa y la del ochenta y entre la década del 2000 y los noventa. En el caso de que la correlación sea próxima a la unidad y estadísticamente significativa, se evidencia un alto grado de dependencia de sendero de la base de conocimiento de la industria. Esto es, que los nuevos desarrollos y/o tecnologías son dependientes de la base de conocimientos previa. Aspecto que denota, por un lado, que en cada industria se exploran oportunidades tecnológicas en un entorno de los aprendizajes previos y, por el otro, el hecho de que en las

⁴ Los microorganismos sirven de sistemas de expresión para la ingeniería genética en la medida que la multiplicación de nuevas moléculas se sigue realizando, como es el caso de levaduras o bacterias.

actividades innovativas haya rendimientos crecientes dinámicos, que ante una mayor acumulación de conocimientos en cierta combinación de disciplinas, mayor la probabilidad de obtener innovaciones.

Cuadro 2. Biotecnología industrial: correlación (ρ) de la composición de la base de conocimientos en distintas aplicaciones

<i>Industria de aplicación</i>	ρ (1990 - 1980)	ρ (2000 - 1990)
Enzimas	0.80 **	0.91 **
Salud humana	0.76	0.92 **
Biopolímeros	0.47 *	0.89 **
Ingredientes alimentarios	0.79 **	0.91 **

* Correlaciones significativas a 10 %; ** Correlaciones significativas a 5 por ciento.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos (UPSTO).

Podemos apreciar que la composición de la base de conocimientos en salud humana durante los noventa no parece muy correlacionada con la de los ochenta. Esto indica una reestructuración de la base de conocimientos en ese periodo y una débil dependencia de sendero respecto a las heurísticas previas. La dependencia de sendero es relativamente mayor en la industria de enzimas e ingredientes alimentarios en los que el carácter acumulativo y localizado de los procesos de búsqueda de soluciones parece prevalecer. En contraste, entre la década de los noventa y la primera de los 2000, se evidencia un aumento sensible en la dependencia de sendero, que se refleja para todas las industrias en índices de autocorrelación cercanos a la unidad y significativos a 1%. Esto mostraría que aunque las firmas siguen explorando nuevos campos biotecnológicos, en todos los sectores dominaron los efectos de acumulatividad, con potencialidad de rendimientos crecientes en las aplicaciones analizadas. Potencialidad que sólo será efectiva en función del grado de coherencia de las bases de conocimiento de los grupos participantes en cada industria.

*Convergencia de la base de conocimientos
de las aplicaciones industriales de la biotecnología*

Cabría esperar que en los periodos en que cada una de las industrias mostró una alta dependencia de sendero, la posibilidad de convergencia de las distintas bases de conocimiento sea limitada. En contraste, si la diversificación de

los grupos lleva a la modificación de la base de conocimientos adoptando las nuevas tecnologías cabe la posibilidad de convergencia y de emergencia del nuevo paradigma tecnológico. Una forma de tomar dimensión del grado de convergencia entre las bases de conocimientos de las distintas aplicaciones es estimar la correlación estadística entre las estructuras de las bases de conocimientos de las distintas aplicaciones industriales para cada periodo.

Cuadro 3. Biotecnología industrial: correlación de la composición de la base de conocimientos CyT en distintas aplicaciones

	<i>Promedio años ochenta (%)</i>			<i>Promedio años noventa (%)</i>			<i>Promedio 2000 (%)</i>		
	Enzimas	Biopolímeros	Ingredientes alimentarios	Enzimas	Biopolímeros	Ingredientes alimentarios	Enzimas	Biopolímeros	Ingredientes alimentarios
Salud humana	31.0	93.3**	35.0	62.3*	75.5**	42.0	42.0	37.0	40.0
Enzimas		28.0	87.8**		79.8**	95.4**		90.1**	97.2**
Biopolímeros			32.0			73.1**			86.9**

* Correlaciones significativas a 10 %; ** Correlaciones significativas a 5 por ciento.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos (UPSTO).

Esta estimación se realizó para las tres décadas y se identificaron dos situaciones diferenciadas. Por un lado, las aplicaciones de biotecnología industrial en la producción de enzimas, biopolímeros y alimentos, muestran una creciente convergencia entre los ochenta y noventa, que se consolida desde la década del noventa hasta los años 2000. Por otro, la industria biofarmacéutica muestra una convergencia transitoria: partiendo de una base de conocimiento que resulta diferente a la mayor parte de las otras industrias durante los ochenta, avanza hacia una convergencia durante los noventa y luego vuelve a divergir en la primera década del milenio.

La convergencia tecnológica durante la década de 1990 se corresponde con una menor acumulación de la I+D en todas las industrias entre ese periodo y la década anterior. Por ejemplo, en los años ochenta las empresas de biotecnología industrial fabricaban biopolímeros y biocatalizadores (enzimas) a partir de la identificación de microorganismos existentes utilizando métodos extractivos. La irrupción de la biología molecular y de las modernas técnicas de ingeniería genética hacia finales de los setenta en el área de la salud humana, llevó a las

empresas de estas industrias a diversificar su base de conocimientos en CYT hacia estas nuevas tecnologías que hasta ese momento le habían sido ajenas. Esto posibilitó, por ejemplo, que durante los noventa, la producción de enzimas a partir de microorganismos modificados genéticamente con niveles de productividad muy superiores a los métodos extractivos aprovechando (y potenciando) sus conocimientos previos respecto a los microorganismos que actúan como sistemas de expresión.⁵ Como corolario, el proceso de diversificación de la base de conocimientos de las aplicaciones en biopolímeros y enzimas, lleva a una convergencia en el espacio de sus competencias tecnológicas con la industria de la salud al mismo tiempo que mantiene sus complementariedades con la base de conocimientos previa.

Durante los años 2000, mientras las aplicaciones en biotecnología industrial confluyen en un paradigma tecnológico común, la convergencia se revierte en el caso de las aplicaciones en salud humana. La industria farmacéutica profundiza la I+D en áreas biotecnológicas que son secundarias en las otras industrias, como lo son el desarrollo de anticuerpos monoclonales, y las aplicaciones medicinales de estos últimos. Luego, las industrias de la salud divergen de la base de conocimiento de las otras aplicaciones, limitando la emergencia de un paradigma biotecnológico común que pueda dar lugar a un conjunto de heurísticas de búsqueda compartidas. Esto nos permite sostener que emerge un “paradigma de biotecnología industrial” que se limita a las aplicaciones en biopolímeros, enzimas e ingredientes alimentarios.

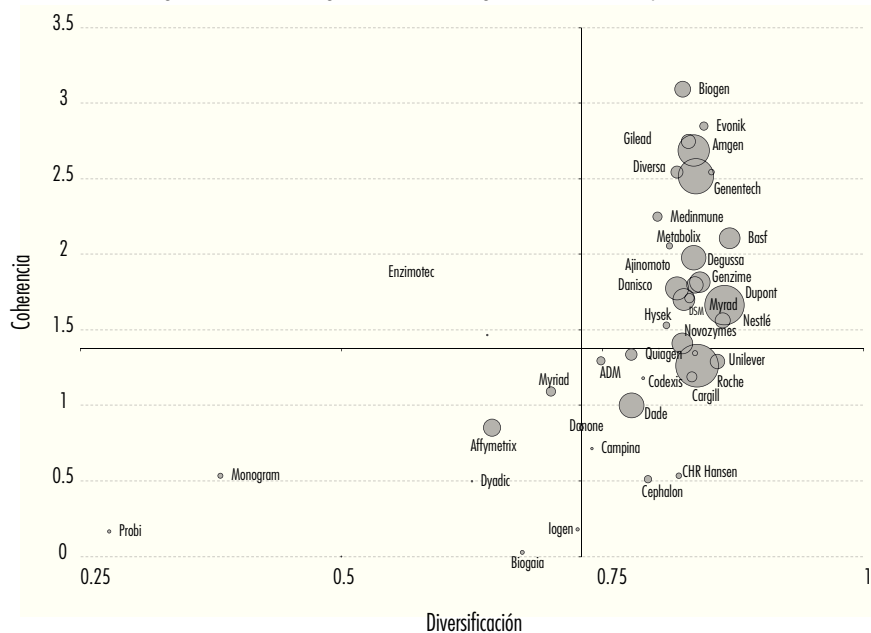
4. ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES EMPRESAS DE BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL

Frente a este proceso de convergencia parcial entre distintas biotecnologías en el nivel de la industria, las firmas responden de manera heterogénea condicionadas por su trayectoria microeconómica previa. En un contexto en el cual se multiplican los campos de conocimientos necesarios para desarrollar nuevos productos, las firmas pueden responder de diferentes maneras frente a la creciente complejidad tecnológica. Como se discutió en la sección 1, las empresas llevan adelante estrategias de diversificación tecnológica que puede ser coherente o conglomeral dependiendo de la capacidad de aprovechar las complementariedades entre distintas tecnologías. En el recuadro 1 se definen los indicadores de diversificación y coherencia tecnológica.

⁵ Para un análisis de estos aspectos véase Gutman *et al.* (2006).

Si bien hay una alta heterogeneidad en las estrategias productivas en las distintas industrias de aplicación de la biotecnología, existe una propensión de las empresas líderes de cada industria a desarrollar una base de conocimientos diversificada y coherente. Sólo en el caso de grandes grupos diversificados de la industria farmacéutica⁶ y de las alimentarias y/o las grandes *traders* de granos diversificadas a biopolímeros, se evidencia una dinámica más asociada a una expansión por adquisición-fusión de empresas, en la cual la diversificación tecnológica no parece acompañada del desarrollo de complementariedades entre las distintas biotecnologías, resultando en una baja coherencia. A modo de resumen, es posible clasificar en la gráfica 2, las estrategias tecnológicas de las empresas según su grado de diversificación y de coherencia.

Gráfica 2. Biotecnología industrial: estrategias de las firmas según su diversificación y coherencia



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos (USPTO)

⁶ Tal es el caso de Roche, grupo diversificado con propensión al crecimiento conglomeral. Con una baja dependencia de sendero, asociada a un fuerte cambio en la composición de su base de conocimientos entre los años ochenta y 2000, la empresa incursionó en las biotecnologías modernas mediante una estrategia de adquisición de empresas biotecnológicas especializadas y de alianzas previas con las mismas. Sin embargo, la modalidad de crecimiento, fundamentalmente, a partir de procesos de centralización, se tradujo en una base de conocimientos biotecnológicos con baja coherencia.

$$\text{LogPat00 } i = \beta_0 + \beta_1 \text{ LogStock99 } i + \beta_2 \text{ Logpathdep } i + \beta_3 \text{ Logdiversif } i + \beta_4 \text{ Logcoherenc } i + \beta_5 \text{ alianza } i + u_i$$

(+) (?) (?) (+) (+)

Recuadro 1. Variables de la regresión

LogPat00 = logaritmo del flujo de patentamiento entre 2000 y 2009 (cantidad de patentes otorgadas). Esta será la variable dependiente de las estimaciones y refleja la creación de conocimientos nuevos.

Stock90 = logaritmo del *stock* de patentes acumulado entre 1980 y 1999 (cantidad de patentes otorgadas). Refleja tamaño de su base de conocimientos, que cada firma ha acumulado en el pasado y a partir de los cuales cuenta con mayor probabilidad de innovar y aumentar el conocimiento en el período presente.

Diversificación = es un indicador de diversificación de la base de conocimientos, que se calcula restándole a la unidad el indicador de Hirschman Herfindalh ($1 - \text{HHerf}$). Mientras que el indicador HHerf es mayor cuanto mayor es la especialización de la base de conocimientos, el indicador de $(1 - \text{HHerf})$ muestra la diversificación.

Coherencia = indicador de coherencia de la base de conocimientos de la firma. Mide el grado de complementariedades entre los distintos conocimientos acumulados por la firma durante todo el período en estudio a partir del indicador de coherencia de la base de conocimientos tecnológica definido por Saviotti (2002). Se supone que si dos clases biotecnológicas son utilizadas conjuntamente son complementarias y, por lo tanto, son coherentes. Luego, si dos tecnologías i y j son complementarias se supone que es más probable que ocurran conjuntamente que si no están relacionadas. Dada la probabilidad de que dos tecnologías se utilicen conjuntamente con un valor esperado de μ_{ij} y desvío típico σ_{ij} , la coherencia entre las tecnología i y j viene dada por COH_{ij} :

$$\text{COH}_{ij} = \frac{C_{ij} - \mu_{ij}}{\sigma_{ij}}$$

En el que C_{ij} representa la medida de frecuencia de co-ocurrencia de las tecnologías i y j . El grado de coherencia de la firma será el promedio ponderado de las coherencias entre todas las tecnologías COHPP en donde P_i es el peso de la tecnología en la base de conocimientos.

Pathdep = coeficiente dependencia de sendero, mide la correlación entre la estructura de conocimientos biotecnológicos de las patentes otorgadas a la firma entre 1990 y 1999 y la estructura de las patentes otorgadas entre 2000 y 2009.

Alianza = porcentaje de patentes que la empresa comparte la titularidad. Mide el grado de colaboración horizontal —para igual poder relativo— con otras empresas o institutos de investigación en los desarrollos alcanzados en todo el período bajo análisis.

Farma = variable cualitativa que refleja la pertenencia de la empresa al sector biofarmacéutico.

Bioind = variable cualitativa que refleja la pertenencia de la empresa al sector de biopolímeros y al de enzimas.

A fin de evaluar en qué medida la innovación se encuentra determinada por la diversificación tecnológica o por la coherencia de la base de conocimientos, realizamos una estimación de corte transversal (*cross section*) de los determinantes de la innovación biotecnológica para las 43 empresas de las distintas industrias incluidas en la muestra. El modelo combina información sobre el desempeño innovativo de estas firmas, la estructura de sus bases de conocimiento y las estrategias cuyo efecto sobre la innovación se busca desentrañar, pero siempre restringiéndose a variables de la propia base de conocimientos de las empresas.

En el recuadro 1 se presentan las variables a ser utilizadas. La dependiente es el logaritmo de patentamiento entre 2000 y 2009, que es considerada como una variable proxy del desempeño competitivo de las firmas.

Se incluyen como variables estratégicas la diversificación de la base de conocimientos (*diversif*) y la coherencia (*coherenc*). De acuerdo a la discusión de la sección 1, se espera que la coherencia tecnológica tenga un efecto positivo sobre la propensión a innovar. Por su parte, el efecto de la diversificación tecnológica sobre el ritmo de innovación es ambiguo, dado que, por un lado, al ampliar la base de conocimientos a nuevas áreas aumenta la probabilidad de innovar a partir de la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas, pero, por otro, esta mayor diversificación genera un efecto negativo sobre el desempeño innovativo al disminuir la coherencia de la base de conocimientos. Esto se debe a la dificultad de aprovechar complementariedades entre las distintas áreas biotecnológicas, generando una menor eficiencia en el proceso innovativo. Teniendo en cuenta esta posibilidad, se introduce una variable multiplicativa entre coherencia y diversificación como variable independiente a fin de captar el efecto marginal de la diversificación sobre el efecto de la coherencia.

En el cuadro 4 se presenta el resultado de la estimación en mínimos cuadrados ordinarios. Como era de esperar hay un efecto positivo del tamaño de la base de conocimientos sobre la innovación en las cuatro regresiones. La dependencia de sendero no muestra un efecto positivo y significativo, luego, la trayectoria previa parece no tenerlo sobre la probabilidad de innovar, que posiblemente sea específico para la industria y no para la firma particular. Las alianzas con empresas de igual peso, tampoco son un determinante de la propensión a innovar, lo que no significa que la realización de acuerdos de cooperación asimétricos con laboratorios y Pymes no pueda generar un efecto positivo.

Tal como se esperaba, la coherencia tecnológica genera un efecto positivo y significativo sobre la innovación, en cuanto al de las estrategias de diversificación tecnológica, se evidencia que la misma tiene un efecto negativo y significativo sobre la propensión a innovar. Adicionalmente, en la segunda

Cuadro 4. Variable dependiente: log (pat00)

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico-t</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Estadístico-t</i>
C	4.832389	1.873044 *	7.122567	2.625049**
Log(Stock90S)	0.644047	7.746552 ***	0.708353	8.286152***
Log(Pathdep)	-0.440552	-0.862176	-0.768887	-1.497593
Log(Coher)	0.665532	4.245230 ***	1.504784	3.336886**
Log(Diversif)	-0.728439	-1.500361	-1.269988	-2.364954**
Log(Diversif)*Log(Coher)	-	-	-0.570572	-1.971806*
Alianza	-0.000945	-0.573110	-0.000391	-0.245754
Biofarma	0.259960	1.075828	0.583196	0.481010
Bioind	0.588584	2.294407 **	0.115925	2.391754**
n	43		n	43
R ²	0.897173		R ²	0.910549
Ajusted R ²	0.870514		Ajusted R ²	0.883026

*Significativo a 10 %, ** a 5 %, *** a 1 por ciento.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de patentes otorgadas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos (UPSTO).

especificación, la variable multiplicativa entre coherencia y diversificación es significativa y negativa, lo que puede interpretarse como un efecto negativo indirecto al reducir el efecto de la coherencia de la base de conocimientos. Este resultado convalida las hipótesis que se deducen de la revisión de la literatura de la sección 1, que aquellas estrategias tecnológicas conglomerales o de carteas de proyectos no complementarios, no son sustentables en el marco de un contexto de selección relativamente exigente.

Por último, las variables de control sectoriales verifican que mientras las aplicaciones de biotecnología industrial generan un efecto positivo y significativo sobre la innovación *vis à vis* de las aplicaciones alimentarias, las farmacéuticas muestran un efecto negativo y no significativo. Resultado que es consistente con las conclusiones de la sección 2 en cuanto a la consolidación del paradigma biotecnológico en las aplicaciones industriales, hecho que se manifiesta en una mayor propensión a innovar en estas industrias.

CONCLUSIONES

Este trabajo ha permitido arrojar un conjunto de resultados relevantes a la hora de evaluar las posibilidades de expansión de las biotecnologías en los países en desarrollo. A 30 años de la emergencia y difusión intersectorial de estas tecnologías, no hay un único paradigma tecnológico, sino múltiples trayectorias sectoriales de innovación. El trabajo ha permitido constatar que la difusión de las biotecnologías no es homogénea según periodos, ni los sectores de aplicación de estas tecnologías, brindando elementos para el diagnóstico de políticas tecnológicas en los países en desarrollo.

Desde el punto de vista sectorial, hay una tendencia a la convergencia entre los paradigmas tecnológicos de las industrias de enzimas, de biopolímeros y de alimentos, lo que revela la consolidación, en estas industrias, de estrategias de explotación de economías de variedad (scope) basadas en heurísticas de búsqueda de soluciones a los problemas técnicos con áreas biotecnológicas comunes. Por su parte, las aplicaciones biotecnológicas en el sector salud reflejan una dinámica diferente, si su base de conocimientos converge con el resto de las industrias entre los ochenta y noventa, a partir del nuevo milenio vuelve a generarse un proceso de diferenciación. Las oportunidades biotecnológicas en el sector salud son las que muestran un mayor crecimiento, que a pesar de tener, a partir de los años 2000, una alta dependencia de sendero respecto a la base de conocimientos de la década previa, muestra importantes cambios en la composición de la base de conocimientos hacia áreas que no son de interés (por ahora) para las actividades de biotecnología industrial.

Por su parte, se confirman las tesis de la literatura evolucionista que sostienen que no hay una relación biunívoca entre diversificación productiva y tecnológica. En este sentido coexisten empresas diversificadas con estrategias conglomerales y, otras, con diversificación coherente. Cuando se estima el efecto del tipo de estrategia sobre el ritmo de innovación se evidencia que es la coherencia, la que más explica la propensión a innovar de las empresas líderes en biotecnología. Esto muestra que el bajo aprovechamiento de complementariedades entre distintas tecnologías al interior de los grandes grupos con estrategias conglomerales limita la tasa de creación de nuevos conocimientos tecnológicos.

Cabe aún indagar en investigaciones futuras en qué medida la mayor propensión a innovar de los grupos coherentes se traduce en aumentos sensibles en la productividad y disminuciones en los costos, generando condiciones efectivas para reemplazar al paradigma tecnoeconómico basado en el petróleo barato y la síntesis química.

Este conjunto de conclusiones permite inferir que ante la presencia de un paradigma biotecnológico consolidado en las aplicaciones industriales las posibilidades de entrada en estos sectores son limitadas. Los grupos dominantes ya cuentan con un conjunto de rutinas, procedimientos y heurísticas que se traducen en una mayor propensión a innovar. No obstante, en el caso de la industria farmacéutica, que al no consolidar una base de conocimientos común con el resto de las industrias y contar con la presencia de grandes grupos con estrategias conglomerales que sobreviven en el marco de barreras regulatorias, hay aun grados de libertad transitorios para la entrada de empresas en mercados nacionales con regulaciones flexibles a partir de estrategias que logren combinar una base de conocimiento coherente y aprendizajes en la producción y el marco regulatorio. A fin de desarrollar estas cuestiones es necesario complementar las problemáticas generales analizadas en este artículo con estudios de caso en profundidad de empresas medianas o de países periféricos para identificar las potencialidades y límites para este tipo de estrategias teniendo en cuenta las barreras regulatorias y sus oportunidades de inserción como proveedores en cadenas de valor.

ANEXO. AGRUPAMIENTO DE IPC CORRESPONDIENTES A BIOTECNOLOGÍAS

La definición de la OCDE abarca una amplia variedad de CIP biotecnológicas, que van desde técnicas de ADN recombinantes hasta técnicas tradicionales de biorremediación. Agrupamos las clasificaciones según distintas áreas biotecnológicas a partir de la clasificación realizada por Graff (2002) y de la consulta con investigadores en ciencias biológicas. Se determinaron 14 campos o áreas de conocimientos biotecnológicos.

Cuadro

<i>Tipo</i>	<i>Nombre de biotecnología</i>	<i>IPC</i>	<i>Descripción</i>
1	Procesos para modificar genotipos (breeding tradicional)	A01H 1/00	Métodos para hibridación, selección y mutación de plantas, no transgénicos ni sistemas de expresión en microorganismos algas u hongos

Continúa

Continuación cuadro

<i>Tipo</i>	<i>Nombre de biotecnología</i>	<i>IPC</i>	<i>Descripción</i>
2	Reproducción de plantas por cultivos de tejidos (Micropropagación vegetal)	A01H 4	Método para la reproducción de plantas por cultivos de tejidos, no incluye mutaciones en tejidos y/o células de plantas mediante ingeniería genética
3	Preparaciones medicinales, antibióticos, vitaminas, hormonas	A61K 38, A61K 39, A61K 48, C07G 11, C07G 13, C07G 15	Preparaciones medicinales que involucran péptidos, anticuerpos, antígenos, antibióticos, vitaminas, hormonas e introducción material genético en seres vivos (terapia génica).
4	Biorremediación	C02F 3/34	Tratamientos biológicos de agua y residuos definidos por los microorganismos utilizados
5	Péptidos, anticuerpos monoclonales y policlonales	C07K 4, C07K 14, C07K 16, C07K 17, C07K 19	Péptidos, inmunoglobulinas (anticuerpos monoclonales y policlonales), excluyendo los procesos de ingeniería genética y de enzimas para su obtención
6	Aparatos para enzimología o microbiología	C12M	Aparatos para aislar, investigar sus factores de crecimiento y/o producir microorganismos o enzimas. Incluyen aparatos para laboratorio y para uso industrial (no alimentarios ni bebidas)
7	Microorganismos (cultivo, propagación, modificaciones genéticas)	C12N 1, C12N 3, C12N 7, C12R1	Hongos, levaduras, bacterias modificados por introducción de material genético externo
8	Líneas de células y tejidos (cultivo, propagación, modif. genéticas)	C12N 5, 00,02,04,10,12,14; C12N15/02-05.	Células y tejidos de plantas y animales Modificados genéticamente y métodos específicos para obtenerlas.
9	Enzimas (preparación, activación, inhibición, separación, purif.)	C12N 9/00; C12N11/00	Enzimas (ejemplo: ligasas) incluyendo las inmovilizadas y sus preparaciones
10	Ingeniería genética general	C12N 15/00,09, 10,11,63-69,87,70,72-87	Técnicas basadas en ADN o ARN: ingeniería genética, vectores. Se trata del desarrollo de técnicas generales (<i>enabling biotechnologies</i>)
11	Genes codificando proteínas microbianas y de plantas	C12N 15/29-51	Identificar la unión de secuencias genómicas que codifican un conjunto coherente de potenciales productos funcionales a partir de proteínas microbianas y de plantas
12	Genes codificando enzimas o proenzimas	C12N 15/52-62	Identificar la unión de secuencias genómicas que codifican un conjunto coherente de potenciales productos funcionales a partir de enzimas y proenzimas

Tipo	Nombre de biotecnología	IPC	Descripción
13	Bioprocesamiento y preparación	C12P, C12S	Procesos en los cuales el producto (compuesto o composición) se sintetiza por transformación bioquímica utilizando enzimas o microorganismos. Excluye fermentación de bebidas y/o tratamiento de alimentos por microorganismos.
14	Medición y tests biológicos	C12Q, G01N	Procesos de medición de enzimas y microorganismos, u otros elementos que los contienen

Fuente: Elaboración a partir de Graaf (2002) y consulta con informantes clave en el marco del proyecto PICT 1833, "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina"

BIBLIOGRAFÍA

- Afuah Allan, y James Utterback (1997), "Responding to structural industry changes: A technological evolution perspective", *Industrial and Corporate Change*, vol. 6, núm. 1, pp. 183-202.
- Abernathy, William, y James Utterback (1978), "Patterns of innovation in technology," *Technology Review* (7), pp. 40-47.
- Andersen, Brigitte (2000), *Technological change and the evolution of corporate innovation: The structure of patenting*, Edward Elgar, Chetenham.
- Barton, J.; D. Alexander; C. Correa; R. Mashelkar; G. Samuels, y S. Thomas (2002), "Integrating Intellectual Property Rights and Development Policy", Commission on Intellectual Property Rights Report, London.
- Bisang, R.; G. Gutman; P. Lavarello; A. Díaz, y S. Sztulwark (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Brusoni, S.; A. Prencipe, y Pavitt, K. (2000), "Knowledge specialization and the boundaries of the firm: Why do firms know more than they do?" *Conference Knowledge Management: Concepts and Controversies*, Warwick University, Warwick, 10 y 11 de febrero.
- Cantwell, John, y Felicia Fai (1999), "Firms as the source of innovation and growth: The evolution of technological competence", *Journal of Evolutionary Economics*, 9(3), pp. 331-66.
- Chandler, A. Jr. (2005), *Shaping the industrial century. The remarkable story of the evolution the modern chemical and pharmaceutical industries*, Harvard Univesrity Press, Cambridge.

- Coriat, Benjamin, y Olivier Weinstein (1995), *Les nouvelles théories de l'entreprise*, Librerie Generale de France, Libre de Poche, Références, París.
- Dosi, Giovanni (1988), "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, 26(3), pp. 1120-72.
- Fai, Felicia, y Nick Von Tunzelmann (2001), "Industry-specific competencies and converging technological systems: Evidence from patents", *Structural Change and Economic Dynamics*, 12(2), pp. 141-70.
- Freeman, Chris, y Carlota Perez (1988), "Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour", en G. Dosi, *Technical change and economic theory*, Pinter Publishers, Inglaterra.
- Griliches, Zvi (1990), "Patent statistics as economic indicators: A survey", *Journal of Economic Literature*, 28(4), pp. 1661-707.
- Graff, Gregory (2002), *The sources of biological innovation for agriculture: The comparative advantages of public, entrepreneurial, and corporate R&D*, Agricultural and Resource Economics, University of California, Berkeley, mimeo.
- Gutman, G.; P. Lavarello, y J. Cajal Grossi (2006), "Biotecnología y alimentación. Estrategias de las empresas transnacionales de ingredientes alimentarios", en Bisang (comp.) y otros (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina*, Prometeo, Buenos Aires.
- Guzmán, A.; J. Ludlow, y H. Gómez (2004), "Brechas tecnológicas y de innovación entre países industrializados y países en desarrollo en la industria farmacéutica", *Investigación Económica*, 63(248), pp. 95-145.
- Katz, J., y N. Bercovich (1990), *Biotecnología y economía política: estudios del caso argentino*, América Latina, Bs. As.
- Malerba, Franco, y Robert Nelson (2011), "Learning and catching up in different sectoral systems: evidence from six industries", *Industrial and Corporate Change* 20 (6), pp. 1645-1675.
- Nelson, Robert, y Sidney Winter (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Pinter Publishers.
- Patel, Pari (1999), *Measurement and analysis of technological competencies of large firms*, "Dynamic capabilities, growth and large firms (Dyancom)" SOEI-CT97-1078), pp. 1-19.
- _____, y Keith Pavitt (1997), "The technological competencies of the world's largest firms: Complex and path-dependent but not much variety", *Research Policy*, vol. 56, (2), pp. 141-156.
- Perez, Carlota, y Luc Soete (1988), "Catching up in technology: Entry barriers and windows of opportunity", en G. Dosi (ed.) y otros, *Technical change and economic theory*, Londres, Pinter Publishers.

- Possas, M. L.; S. Salles Filho, y A. L. A. Mello (1994), O processo de regulamentação da biotecnologia: as inovações na agricultura e na produção agroalimentar, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.
- Saviotti, Pier Paolo (2002), "The knowledge-base of the firm in biotechnology based sectors: Properties and performance", *Revista Brasileira de Inovacao*, vol. 3, núm. 1, pp. 129-66.
- Teece, David (2008), "Dosi's technological paradigms and trajectories: insights for economics and management", *Industrial and Corporate Change*, vol. 17, núm. 3, pp. 507-512.
- _____, Richard Rumelt; Giovanni Dosi, y Sidney Winter (1992), "Understanding corporate coherence. Theory and evidence", *Journal of Economic Behavior and Organization*, 23, pp. 1-30.
- Von Tunzelmann, N. (2006), "Localised technological search and multi-technology companies", *STEEP, discussion paper*, núm. 29, SPRU, Sussex.