



Documentos de Trabajo del CEUR

2/2010

**Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y
estrategias de las grandes empresas
multinacionales de biotecnología industrial:
abordaje desde indicadores de patentes**

Pablo José Lavarello
Federico Jelinski

Este documento fue preparado por Pablo José Lavarello y Federico Jelinski en el marco del Proyecto de Investigación CEUR-CONICET “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”, el que recibió el apoyo de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través de un subsidio del FONCyT. El Proyecto fue coordinado por Graciela E. Gutman (Investigadora Responsable) y Pablo Lavarello (Investigador integrante del Grupo Responsable). Participó en la definición de la metodología, Romina Jazmín Gomez, becaria del proyecto PICT 1833. Se agradece particularmente a Rodolfo Barrere, Lautaro Matas y al CAICyT-CONICET por el acceso a la base de datos de patentes internacionales y la asistencia en la construcción del marco empírico de este trabajo.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Pablo Lavarello es investigador adjunto del CEUR-CONICET , plavarello@conicet.gov.ar
Federico Jelinski es investigador asociado del CEUR, felinski@gmail.com

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo caracterizar la base de conocimientos de la biotecnología industrial a nivel internacional, a fin de indagar cuál es el patrón de inserción de los principales países del MERCOSUR en las redes internacionales de Ciencia y Tecnología. El trabajo ha permitido constatar que la difusión de las biotecnologías no es homogénea según períodos ni según los sectores de aplicación de estas tecnologías. Frente a la existencia de múltiples paradigmas, coexisten empresas que se diversifican con estrategias conglomerales y otras con diversificación coherente. Por su parte, existen ciertos campos biotecnológicos que evidencian una alta densidad y centralidad en todas las industrias que podrían generar una difusión conjunta en distintas áreas de aplicación. Entre ellos se destaca el conocimiento generado sobre los microorganismos que funcionan como sistemas de expresión de los nuevos procesos, las biotecnologías de soporte como es el caso de la ingeniería genética y el bioprocesamiento. En este sentido se indagó sobre el grado de adopción y el tipo de especialización de la base de conocimientos biotecnológicos de Argentina y Brasil. Argentina y Brasil en forma conjunta representan solo el 1,5% del stock mundial de conocimientos, y que salvo el caso de las técnicas de bioprocesamiento en Brasil, su especialización no incluye estas áreas biotecnológicas que por su centralidad y densidad, son fuente de mayores efectos sistémicos. Esto permite sostener que una política de CyT que busque aprovechar las oportunidades abiertas por las nuevas biotecnologías requiere apoyar tanto la acumulación de conocimientos biotecnológicos en áreas clave con fuertes *spill-overs*, así como fomentar una mayor conectividad de las redes, haciendo que los efectos localizados de red se extiendan al conjunto de las áreas biotecnológicas.

1. Introducción

Este trabajo se propone realizar una caracterización de la base de conocimientos de las principales firmas internacionales de biotecnología industrial, a fin de indagar cuál es el patrón de inserción de los principales países del MERCOSUR en las redes internacionales de Ciencia y Tecnología.

La biotecnología industrial se define como la aplicación de la Biotecnología para usos industriales, incluyendo las industrias químicas, farmacéuticas, de biocombustibles y de nuevos materiales (US International Trade Commission, 2008). La misma incluye la utilización de microorganismos o componentes (como enzimas) en procesos de producción de bienes no agrícolas. Si bien se la ha diferenciado de la farmabioteología, numerosos trabajos consideran las aplicaciones de salud como biotecnología industrial.

Ante los límites que experimentaron las industrias de base química y alimentaria, la biotecnología representó una gran promesa para recomponer la tasa de ganancia. Se le asoció la oportunidad de remplazar tecnologías existentes por nuevos métodos que disminuyan el costo de las materias primas y/o disminuyan el tiempo de rotación de los capitales. Si bien esta promesa dista aún de cumplirse, dado que las tecnologías de síntesis química han sido reemplazadas en un proceso de destrucción creadora, se observaron un conjunto cambios relevantes en ese sentido: la emergencia de un segmento de empresas especializadas en biotecnología para la salud posibilitó mejoras importantes de productividad para elaborar moléculas ya existentes; el desarrollo de enzimas permitió innovaciones de proceso en numerosas actividades de biotecnología industrial; y aparecieron nuevos nichos de aplicación en servicios de salud (terapias génicas) y en alimentos funcionales.

Este artículo parte de la hipótesis de que la biotecnología no llega a constituir un paradigma tecnológico con una base de conocimientos científicos común a partir de la que resolver problemas tecno-económicos en distintos sectores, sino que existen diversos cuerpos de conocimientos biotecnológicos, altamente específicos (y complementarios) a las trayectorias sectoriales preexistentes. Y han sido estas oportunidades sectoriales las que despertaron el interés de los principales grupos empresarios por los desarrollos biotecnológicos en cada área industrial. Un número creciente de empresas multinacionales han desarrollado nuevos productos y procesos complementarios a tecnologías existentes, generando nuevos segmentos de diferenciación y diversificación industrial, lo que ha resultado en un rol central de la I&D biotecnológica como fuente de ventajas tecnológicas en varias aplicaciones industriales. La importancia de los avances científicos en las innovaciones de procesos y/o en el lanzamiento de nuevos productos, implican que la forma en que se generan y (re) combinan conocimientos sea un determinante del crecimiento de largo plazo de las firmas¹.

En este documento se examinan elementos empíricos para responder a los siguientes interrogantes: ¿A 30 años de su difusión, las biotecnologías convergen en un único paradigma o existen múltiples paradigmas biotecnológicos sectoriales? ¿En que medida convergen? ¿Cuáles son las (bio) tecnologías “clave” en la difusión del (los) paradigma (s) biotecnológico (s)? ¿Que tipo de estrategias tecnológicas adoptan las principales empresas (y grupos) internacionales de biotecnología industrial? ¿En que medida Argentina y Brasil se especializan en estas tecnologías clave? ¿Qué grado de centralidad y densidad asumen en la base de conocimiento local? ¿En que medida estos efectos sistémicos son internalizados al espacio nacional?

Para ello, como punto de partida, se realiza un mapeo de la base de conocimientos biotecnológica de un grupo seleccionado de grandes empresas (y grupos) multinacionales con actividades en biotecnología industrial, para estudiar en qué medida existe una tendencia a la

¹ En una siguiente etapa del estudio se analizaran las dinámicas de los productos de las firmas y su relación con la base de conocimientos.

conformación de una base de conocimientos común a las distintas aplicaciones en la que un conjunto de tecnologías genéricas posibilitan un proceso de convergencia tecnológica. En segundo lugar, se indagará si este proceso se manifiesta en estrategias de diversificación coherente de la base de conocimientos, o bien si predominan estrategias de exploración tecnológica con bajo grado de articulación entre los diversos y variados campos de conocimiento. Para luego observar la incidencia de estas estrategias sobre el ritmo de innovación biotecnológica de las empresas. Por último, se analizará cual es el grado de desarrollo de la base de conocimientos biotecnológicos argentinas y brasileras, si estos países controlan las tecnologías clave y cuál es el grado de apropiación local de las mismas.

2. Marco conceptual

Se parte de la definición de la base de conocimientos (BC) de una industria, como el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos, sumado a la capacidad que tienen las empresas de crear y usar efectivamente estos conocimientos en la producción de bienes y servicios. La base de conocimientos es el resultado, por un lado, de la experimentación y el aprendizaje en las actividades de I&D, y por el otro, de la práctica de diseñar, producir y superar todos los requisitos regulatorios para lograr el lanzamiento de nuevos productos al mercado. Las actividades de I&D pueden ser internas o externas a la empresa, involucrando la recombinación de distintas áreas de conocimiento. Mientras que las actividades de I&D generan como subproducto conocimientos más o menos genéricos, los otros aspectos son específicos y resultan de aprendizajes en la producción, en el uso o en la interacción con clientes o proveedores.

Las competencias de las empresas se encuentran fundamentalmente determinadas por los aprendizajes específicos en la producción y comercialización. Las empresas generalmente cuentan con un conjunto acotado de competencias tecnológicas, que condicionan el mix de especialización. Por ejemplo, las competencias en las tecnologías de fermentación acotan la producción de cierta gama de bebidas alcohólicas. No obstante, la creciente gama de conocimientos científicos y tecnológicos necesaria para descubrir nuevos microorganismos que mejoren procesos o posibiliten producir nuevas enzimas, para desarrollar semiconductores a nivel de la nanoescala o componentes resistentes y precisos, hacen que las empresas deban diversificar su base de conocimientos. Diversos trabajos han demostrado que la diversificación de la base de conocimientos puede coexistir con una especialización en el rango de productos ofrecidos (Stefano Brusoni et al., 2000, 2001, Keith Pavitt, 1998, Pier Paolo Saviotti, 2002).

Luego, a partir de esta distinción entre los conocimientos científicos y tecnológicos y las competencias necesarias para fabricar productos, se plantea la existencia de una tensión en la literatura evolucionista entre dos perspectivas diferentes sobre la evolución de las trayectorias tecnológicas de las industrias. Por un lado, (i) las tecnologías son específicas a cada industria². Por otro lado, (ii) se reconoce que en la actualidad las empresas operan con un rango de conocimientos que exceden a los específicos a su industria, en el marco de un proceso de diversificación de la base de conocimientos (John Cantwell y Felicia Fai, 1999).

2.1. Cambio de paradigma tecnológico y base de conocimientos

Para entender los procesos de diversificación de la base de conocimientos es importante hacer referencia a las nociones de paradigma tecnológico y de paradigmas tecno-económicos. Un “paradigma tecnológico” se define como un patrón de soluciones a problemas técnicos y económicos basado en principios particulares de las ciencias naturales (Giovanni Dosi, 1988).

² Este conocimiento técnico práctico específico a la firma se obtiene mediante la combinación de experimentación, experiencia e intercambios de información entre distintas partes de la organización, o bien entre proveedores y usuarios. Se trata de una competencia organizacional que vincula las oportunidades de los conocimientos científicos y tecnológicos, con una conjunto de artefactos comercialmente exitosos (o, si se quiere, útiles).

Estos problemas surgen ante los límites de los procesos de acumulación de capital en ciertos sectores de la economía. Existen algunos paradigmas tecnológicos que no solo dan respuestas a los límites de acumulación en un sector sino al conjunto de la economía, pudiendo dar lugar a la emergencia de nuevos paradigmas “tecnico-económicos” (Christopher Freeman y Carlota Perez, 1988)³. Por ejemplo, frente a la dificultad de conciliar aumentos de productividad y la creciente segmentación de la demanda resultante de la crisis del fordismo, la microelectrónica y posteriormente las TICs posibilitaron una especialización flexible de los procesos de producción y de trabajo en gran parte de la industria manufacturera de ensamble. En el caso de la biotecnologías, las mismas se desarrollan frente a los límites de rentabilidad de industrias basadas en procesos de fermentación debidos por un lado, a la baja productividad de la I&D asociados a la dificultad de identificar nuevas moléculas con efectos terapéuticos en las aplicaciones de salud, y por el otro, por la imposibilidad de mantener un alto ritmo de crecimiento de la economía frente a los costos crecientes de las materias primas provenientes de la matriz petróleo-intensiva. Dicho de otra manera, los paradigmas tecnológicos definen por un lado, las oportunidades tecnológicas para futuras innovaciones y por el otro, algunos procedimientos básicos sobre como explotar estas oportunidades, posibilitando la recomposición de la tasa de ganancia de las empresas frente al agotamiento de los regímenes de acumulación y las tecnologías previas.

Los paradigmas tecnológicos comprenden distintas fases desde su emergencia, en las que coexisten inicialmente distintas trayectorias posibles, hasta el crecimiento y consolidación de una (o una gama reducida) de trayectorias. En consecuencia, es posible que un nuevo paradigma no se acote a un sector, sino que abra oportunidades a otros sectores, con la apertura de nuevas industrias y su difusión a varias industrias pre-existentes, generando nuevos sistemas tecnológicos y/o reestructurando los sistemas existentes. Para que esto ocurra, deben existir nuevos procesos productivos e insumos clave que posibiliten disminuciones de costos y nuevos productos en una amplia gama de actividades, como fue el caso de la producción de carbón coque para superar la dependencia del ciclo biológico del carbón forestal, la producción de grandes plantas a partir del acero que superó los límites del hierro para operar con altas temperaturas y precisión, o la utilización de los derivados de petróleo como insumo clave durante el siglo XX posibilitando la emergencia de industrias petroquímicas y de medios de transporte. En el caso de las biotecnologías, las oportunidades (aun potenciales) estarían asociadas al uso de microorganismos, células o de partes de ellas en la producción de diversas materias primas y productos finales que logren superar el paradigma basado en la energía barata a partir de petróleo. En el sentido señalado por (Christopher Freeman y Carlota Perez, 1986), es posible señalar que existen ciertas tecnologías e insumos clave con efectos transversales hacia toda la economía, dando lugar a la emergencia de nuevos paradigmas tecnico-económicos.

2.2. Centralidad y densidad de los sistemas tecnológicos

A medida que se consolida un paradigma tecnico-económico, ciertas tecnologías adquieren un rol clave en la difusión del mismo por la variedad de otras tecnologías con las cuales son complementarias y por la densidad de las articulaciones en los nuevos sistemas tecnológicos que emergen. Las tecnologías clave en un determinado paradigma son aquellas que generan mayores efectos sistémicos como consecuencia de la posición central que ocupan y por la densidad de las conexiones en el sistema tecnológico.

³ Como sugiere Dosi, Giovanni. "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation." *Journal of Economic Literature*, 1988, 26(3), pp. 1120-72. un paradigma tecnico-económico comprende un sistema de varios paradigmas tecnológicos. Por ejemplo, el paradigma tecnico-económico de la electrónica involucra características, complementariedades e interrelaciones entre varios “micro” paradigmas tecnológicos – relacionados a los semi-conductores, computadores, automatización industrial, etc.

Los efectos sistémicos de la creación de conocimientos a través de las complementariedades son determinados por la estructura de las “redes tecnológicas” (Shyama V. Ramani y Marie-Angele De Looze, 2002). Cuando en una determinada tecnología, la centralidad y la densidad son altos, esto muestra que los efectos de interacción y retroacción asociados a la difusión de la misma son mayores que en el caso de otras tecnologías. Se trata de un sistema tecnológico bien desarrollado que puede dar lugar a un nuevo paradigma. Puede ser que ciertas tecnologías sean centrales pero la densidad de las complementariedades sea de segundo orden, en cuyo caso se trata de un sistema extensivo, con baja intensidad de los efectos de complementariedad. También puede ser el caso de tecnologías que cuentan con un sistema intensivo, en el cual si bien la tecnología no es central, la densidad de las complementariedades es elevada y forma parte de un grupo “emergente” de tecnologías.

Es de esperarse que una vez consolidado un paradigma tecnológico, exista un conjunto de tecnologías clave que muestren alta centralidad y alta densidad en las distintas industrias y empresas. Este es el caso de las denominadas tecnologías transversales que el resto de las industrias gradualmente absorben. La absorción de estas tecnologías transversales posibilita aumentar la posibilidad de identificar las oportunidades provenientes de otras tecnologías específicas, asimilarlas y transformarlas en procesos y productos competitivos. La centralidad y densidad de las redes posibilitaran una mayor complementariedad de una multiplicidad de conocimientos científicos y tecnológicos diferentes.

En este sentido, distintos estudios de caso sectoriales mostraron que la biotecnología no constituye un paradigma tecno-económico consolidado, sino un conjunto de paradigmas (bio) tecnológicos específicos a cada actividad de aplicación, o incluso a cada conjunto de técnicas biotecnológicas (Gary P. Pisano, 2006) Graff, 2002). No obstante ello, en este trabajo se plantea como hipótesis que existen ciertas tecnologías transversales que pueden llegar a posibilitar una convergencia entre distintas aplicaciones industriales. Desde la emergencia de biología molecular como campo de desarrollo tecnológico a fines de los años '70, se evidencia un proceso de diversificación de un conjunto de conocimientos comunes a múltiples aplicaciones industriales. Las empresas buscan desarrollar una base de conocimientos común en nuevas líneas de negocios, esto es buscan desarrollar un conjunto de plataformas tecnológicas pasibles de ser valorizadas en múltiples actividades a través de estrategias de diversificación productiva. Este proceso a nivel microeconómico, posibilitaría la convergencia de las bases de conocimientos de distintas industrias en un conjunto de tecnologías genéricas clave, que son las que generan mayores externalidades sobre otras tecnologías (Felicia Fai y Nicholas VonTunzelmann, 2001). No obstante, cabe interrogarse si el carácter aún emergente del nuevo paradigma, que se está continuamente renovando a partir de nuevos descubrimientos de ruptura, no desestabiliza esta tendencia hacia la convergencia. Esto es, si la continua ampliación de la base de conocimientos y la renovación de tecnologías clave que esto suscita no juega un efecto contrario, aumentando la divergencia entre las bases de conocimientos de distintas industrias. Luego, en la (prolongada) fase de emergencia del paradigma, la coexistencia de distintas tecnologías, lleva a la diversificación de la base de conocimientos de las empresas sin una necesaria coherencia entre ellas. Ese proceso de diversificación y recombinación ha dado lugar a distintos grados de coherencia, lo que se traduce en distinto grado de desempeño competitivo (Pier Paolo Saviotti, 2002).

2.3. Diversificación productiva y diversificación de la base de conocimientos

¿Como se expresan estos procesos macro y meso-económicos en las estrategias de las empresas?. La estructura de la BC de cada firma es en parte el resultado de la división del trabajo y de la coordinación prevaleciente en la producción de conocimiento en la industria. Esta división del trabajo es definida por fuera de la firma, por el grado de difusión del paradigma y la presión competitiva, luego es posible que inflencie de la misma manera la BC de distintas firmas. No obstante, las firmas buscan imponerse sobre esta estructura determinada

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

exógenamente a través de su propia estrategia. Estas estrategias son altamente “dependientes de sendero”, siendo condicionadas por la BC preexistente en la firma⁴. Esto hace que existan firmas con distintas estructuras específicas de base de conocimiento. Las mismas pueden ser altamente diversificadas o especializadas en unas pocas tecnologías y disciplinas científicas.

Diversos autores señalaron que las empresas muestran un grado de diversificación de su base de conocimientos generalmente mayor al de su diversificación productiva (Stefano Brusoni, Andrea Prencipe y Keith Pavitt, 2000, Keith Pavitt, 1998). Dado que las empresas compiten en los mercados a partir de la producción y comercialización de productos, la industria es usualmente definida como un espacio de productos relativamente similares. Puede ser que una firma produzca para una sola industria, pero el rango de conocimientos científicos y tecnológicos que la firma utiliza para fabricar esos productos no es totalmente específico a la industria, no existiendo ni una relación uno a uno entre tecnologías y productos, ni uno a varias, sino una relación entre varias tecnologías y varios productos.

Buscando conciliar estas dos perspectivas, es posible sostener que las dinámicas de diferenciación (dependencia de sendero mediante) y convergencia de las bases de conocimiento deben ser analizadas teniendo en cuenta el grado de difusión inter-sectorial de las tecnologías. En este sentido, (Felicja Fai y Nicholas VonTunzelmann, 2001) sostienen que durante la fase inicial de emergencia de un paradigma tecnológico, la innovación se manifestará primero en la industria que mas fácil y rápidamente explote las oportunidades de la tecnología, industria que la adopta precozmente, pasando a formar parte de sus competencias específicas. Esto coincidirá, en un comienzo, con una mayor heterogeneidad de tecnologías entre las distintas industrias de aplicación, predominando los procesos de dependencia de sendero. Sin embargo, en algún momento del desarrollo del paradigma aparecerá un punto de inflexión y la tasa de crecimiento de las oportunidades se desacelerará en la industria inicial, en forma simultánea, a la generación de efectos transversales hacia otras industrias conexas, con un efecto simultáneo de diversificación en la BC y de convergencia tecnológica entre industrias.

Como adelantamos previamente, en el caso de la biotecnología, no existe un ciclo de difusión clásico, sino que hay una continua renovación de las oportunidades de la ciencia, abriendo la posibilidad de nuevos procesos de diferenciación de las bases de conocimiento sectoriales, reduciendo la convergencia y consolidación de un paradigma tecno-económico.

2.4. De la diversificación a la coherencia de la base de conocimientos

Frente a la diferenciación de la base de conocimientos las empresas buscan diversificar las tecnologías con las que llevan adelante sus actividades de I&D. Esto no necesariamente se traduce en una base de conocimientos coherente que explote competitivamente las complementariedades entre las distintas tecnologías. El concepto de coherencia tiene sus orígenes en la literatura de teoría de la firma, aplicado a los procesos de producción y no a la generación de tecnología (David J. Teece et al., 1992). Una firma con una diversificación productiva coherente cuenta con un conjunto de productos con complementariedades en sus procesos de producción. Este proceso esta fuertemente asociado a la separación del proceso productivo en distintas operaciones unitarias (en las industrias de base química y de

⁴ No debe confundirse la dependencia de sendero con la dependencia del pasado. La BC de una firma no está totalmente determinada por el origen de la misma. Esta evoluciona en el tiempo, a medida que la misma incursiona en nuevos campos tecnológicos a fin de resolver problemas técnicos y económicos, realizando alianzas con otras empresas o acuerdos con laboratorios de CyT. Este conjunto de interacciones internas y externas a la firma van modificando la BC, pero estas interacciones son condicionadas por esa misma BC. La generación y absorción de conocimiento es localizada, se realiza en el entorno del espacio de tecnologías en los que la empresa cuenta con capacidades. La BC alcanza cierta estabilidad, dado que la empresa cuenta con un conjunto de rutinas y reglas de decisión que no son modificadas frecuentemente. La BC resulta entonces altamente específica y cuenta con un alto grado de dependencia de sendero.

fermentación) y/o componentes (en las industrias de ensamble) comunes. Las complementariedades entre distintas líneas de productos son los determinantes de las economías de escala y de variedad (scope) en la producción, que explican los rendimientos crecientes asociados a la división del trabajo.

En el caso de sectores altamente intensivos en conocimiento, los procesos de I&D también están sujetos a complementariedades entre distintas líneas de investigación. Cuanto mayor es la complementariedad entre las tecnologías, se dice que mayor es la coherencia de la base de conocimientos (Pier Paolo Saviotti, 2002). Desde el punto de vista la BC como precursora de productos futuros, y teniendo en cuenta que la estructura de la BC no necesariamente tiene que coincidir con la estructura de productos, es necesario discutir en qué grado la coherencia de la BC influye en el desempeño innovador de las firmas. En el modelo de “Industrias de la vida” (o estrategias *de grappe*; GEST, 1986) prevaleciente hasta los años ’90, se pretendía usar una BC común para aplicaciones industriales buscando aprovechar las complementariedades de conocimientos en la presencia de bajas complementariedades en sus procesos de producción. Este es el caso de empresas de base química como Monsanto que fabricaban desde semillas hasta fármacos, pasando con ingredientes alimentarios. Las complementariedades se encontraban más en la I&D que en la producción. No obstante, la presión competitiva creciente en el mercado de productos y la incertidumbre asociada al lanzamiento de nuevos productos, llevó en numerosas empresas hacia un proceso de especialización de la producción.

En resumen, la difusión de los paradigmas tecnológicos resulta en procesos de sustitución y acumulación de conocimientos en los cuales se genera a nivel “meso-económico” una tendencia a la diversificación de aplicaciones industriales y a la convergencia de las bases de conocimiento entre distintas industrias. Ciertas tecnologías emergen como las habilitadoras de mayores interacciones entre los distintos campos de conocimiento. A nivel “microeconómico” las firmas responden frente a estos procesos de manera heterogénea condicionadas por su trayectoria previa, buscando diversificar su base de conocimientos, con distintos grados de coherencia. Para ello internalizan estas tecnologías clave. La caracterización de las distintas estrategias de las empresas biotecnológicas dominantes a nivel mundial, es de particular relevancia para analizar desde cuando y en qué medida los países de América Latina generan/apropian las tecnologías clave, o bien se especializan en (bio) tecnologías que no son centrales ni posibilitan una alta intensidad de externalidades sobre las aplicaciones industriales. Limitando de esta manera los procesos de diferenciación de capitales y de diversificación industrial a la de meros adoptadores de tecnología.

3. Metodología y base de datos

En función de estos elementos generales puede diseñarse un conjunto de indicadores sobre datos de patentes, que vuelvan operativos los siguientes procesos, discutidos en la sección anterior:

1. *Estructura de la base de conocimientos biotecnológicos*: estimando su dependencia de sendero y convergencia intersectorial, a lo largo de las distintas etapas de adopción y difusión de las biotecnologías.
2. *La centralidad y densidad de la BC* en las distintas industrias, como indicador de la eficiencia de los efectos de *spillovers* en la generación de nuevos conocimientos
3. *Diversificación/especialización y coherencia tecnológica*: analizando e que medida las empresas diversifican su base de conocimientos y si la misma es coherente.

A continuación discutimos las posibilidades y los limitantes de utilizar las patentes para construir indicadores de la base de conocimientos,

3.1. Ventajas y desventajas de las patentes como indicador de la base de conocimientos

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Se eligieron las patentes otorgadas como un indicador de la creación de conocimientos, dado que las mismas reflejan las actividades innovativas de los agentes que las solicitan y cuentan con una gran cantidad de información. Las empresas, los individuos y los institutos públicos pueden solicitar una patente por distintos motivos, para proteger una nueva tecnología, para señalar que cuentan con una competencia tecnológica a potenciales inversores, o simplemente para delimitar un territorio tecnológico. Pero sea cual fuere la motivación estratégica, una patente puede ser solicitada solo si tiene como objetivo – mas o menos mediato- una aplicación de nuevo conocimiento en una industria.

Como afirma (Zvi 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. Si bien puede haber heterogeneidad en los criterios de los evaluadores, esta es mucho mayor en los criterios contables para computar gastos de I&D u otros indicadores de esfuerzo tecnológico. 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 BC.

Cabe interrogarse si los conocimientos captados por las patentes son los únicos a considerar al analizar las estructuras de las bases de conocimientos de las firmas. La BC no solo involucra la ciencia y la tecnología sino también la experiencia en la práctica de diseñar, fabricar y desarrollar productos, así como aspectos regulatorios y comerciales con que las firmas deben contar en la realización de los productos en el mercado. Si bien estos elementos son importantes, en el caso particular de las industrias farmacéuticas y químicas no tenerlos en cuenta no es un limitante analítico ineludible. Por tratarse de sectores en los cuales el conocimiento científico y tecnológico es lo que marca la ventaja competitiva, las patentes constituyen una buena aproximación de la BC. Durante el período bajo 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.

A fin de construir los indicadores de base de conocimiento se utilizaron los datos de patentes otorgadas en Estados Unidos. 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 a escala mundial, buscando apropiarse los resultados de su actividad innovativa, colaborando con otras empresas y/o bloqueando la entrada de competidores. La opción por las patentes otorgadas radica en que esto permite una evaluación más sistemática de los campos tecnológicos que son asignados en cada patente.

La elección de las patentes otorgadas radica en que el criterio de asignación de la patente a cada tecnología corre no solo por cuenta de la empresa, sino que también ha sido revisado por los evaluadores de la oficina de patentes. Las clasificaciones de las patentes solicitadas muestran las tecnologías en las que la empresa considera que cuenta con conocimiento, clasificación que realiza según su criterio más o menos subjetivo (o intencional). La elección de las patentes otorgadas para construir indicadores, posibilita corregir el sesgo que pueda existir en el caso eventual que una empresa asigne una patente a una tecnología ajena a la misma, simplemente para diferenciarse de una patente existente (novedad), o bien para luego en la reivindicación ampliar la gama de usos (scope). Si bien las patentes solicitadas son un indicador más abarcativo de las estrategias de las empresas, se decidió utilizar las patentes otorgadas, dado que al haber sido asignadas a las biotecnologías bajo supervisión de los evaluadores, su clasificación es más precisa.

La mayor confiabilidad en la asignación de tecnologías a las patentes validada por los evaluadores debe ser contrapesada con las desventajas asociadas al sesgo temporal que implica utilizar una patente otorgada. Dado que existe un lapso que no necesariamente es constante

entre una patente solicitada y una otorgada, esto puede hacer que se asigne un indicador de desarrollo de la base de conocimiento que agregue evoluciones dispares entre empresas. Supondremos que este rezago es constante y mínimo para todas las patentes.

3.2. Base de datos de patentes

Se utilizó como fuente de información las patentes otorgadas por la oficina de patentes Estados Unidos sistematizada por la base de datos *Delphion*⁵. La base permitió identificar para un conjunto de empresas preseleccionadas, las clasificaciones internacionales de patentes (CIP) correspondientes a las biotecnologías y de las empresas biotecnológicas otorgadas entre 1980 y junio del año 2009.

La muestra de empresas comprende a una selección de 43 empresas principales correspondientes a las distintas aplicaciones de biotecnología industrial: salud humana, alimentos, enzimas y aplicaciones de la biomasa⁶. La selección se centró en las empresas multinacionales diversificadas o empresas biotecnológicas especializadas líderes, resultando en un sesgo hacia las empresas de gran tamaño. Dada la presencia en la muestra de numerosos holdings que operan mediante fusiones y adquisiciones, se buscó consolidar las distintas empresas subsidiarias que los componen. A partir de las empresas identificadas de los tres sectores seleccionados la base de datos *Delphion* consolida a las empresas cuando las mismas forman parte de un mismo holding. A los fines del estudio, se chequeó la conformación de los holdings realizada por la mencionada base, verificándose un bajo grado de error en la asignación que realiza el software.

3.3. Definición de los Indicadores

Los indicadores para el análisis de la base de conocimientos de cada empresa y área tecnológica se elaboraron a partir de la metodología propuesta por Ramani y De Looze⁷. Sobre la base de patentes en cartera de las empresas seleccionadas se construyeron las “matrices de base de conocimientos”, ingrediente básico para elaborar todos los indicadores.

En aquel trabajo de Ramani se evaluaron medidas de competitividad entre agentes basadas en, por una parte, indicadores de “stock” de conocimientos en base a clasificaciones de cada grupo tecnológico y, por otra, indicadores de “redes” que permiten ubicar a las innovaciones en los espacios de centralidad y densidad de las matrices de base de conocimientos y así dar una idea de su impacto sobre la evolución futura de la esta.

El elemento básico para la recopilación de la base de conocimientos a nivel de cada agente i es la matriz de patentes (P_i). En esta matriz de ceros y unos cada fila corresponde a una patente en cartera del agente y las K columnas indican la clasificación o no de cada patente en cada uno de las clases biotecnológicas en que se han agrupado los códigos CIP biotecnológicos $k = (1, 2, \dots, K)$.

⁵ Perteneciente al grupo Thomson Reuters, quién posee también los Derwent Biotechnology Abstracts, la base analítica más completa en artículos y patentes biotecnológicas.

⁶ Esta selección se basa en Gutman *et al* (2010) “Panorama internacional de la Biotecnología industrial” Mimeo.

⁷ Ramani, Shyama V. y De Looze, Marie-Angele. "Using Patent Statistics as Competition Indicators in the Biotechnology Sectors: An Application to France, Germany and the U.K." *Scientometrics*, 2002, 54(3), pp. 319-46.

$$P_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Un primer grupo de indicadores se elaboró en base al número de patentes en cartera de cada empresa o sector, $(n_i)^8$ y su evolución en el tiempo con el fin de analizar las características dinámicas de la difusión de la biotecnología.

Agregando por campos tecnológicos las filas de P_i se obtienen K vectores del tipo⁹:

$$vc_k^i = (c_{k1}^i, c_{k2}^i, \dots, f_k^i, \dots, c_{kK}^i)$$

que representan el stock y la red de de la tecnología k del agente i. Los coeficientes:

- f_k^i , representan el stock de patentes del agente i que corresponde al área tecnológica k;
- c_{kl}^i , representan el número de patentes del agente i que corresponden simultáneamente a las áreas tecnológicas k y l ($l = 1, 2, \dots, K$);

Del agrupamiento de dichos vectores fila se obtiene la “matriz de base de conocimientos” del agente i:

$$M_i = \begin{pmatrix} f_1^i & c_{12}^i & \dots & c_{1K}^i \\ c_{21}^i & f_2^i & \dots & c_{2K}^i \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{K1}^i & c_{K2}^i & \dots & f_K^i \end{pmatrix}$$

Una matriz simétrica cuya diagonal principal refleja los stocks de tecnologías y los componentes fuera de la diagonal, las redes tecnológicas.

En una primera instancia, y sobre esta base, se definen dos conjuntos de indicadores para comparar las bases de conocimiento entre agentes (empresas y sectores). Por un lado los indicadores de stock de conocimiento (f_k^i) que miden el número de patentes clasificadas en cada grupo tecnológico. Dado que cada patente puede estar clasificada en varios grupos biotecnológicos, normalmente se observará que la cantidad de patentes de un agente sea inferior

al número de patentes clasificadas en cada grupo: $n_i \leq \sum_{k=1}^M f_k^i$.

Por otra parte los indicadores de red de conocimiento que buscan cuantificar la capacidad de las clases biotecnológicas para desarrollar derrames hacia otras y/o beneficiarse de las innovaciones en otras biotecnologías. Estos se basan en las ideas de centralidad, definida como la cantidad de otras clases tecnológicas con las que una biotecnología se vincula y densidad, que es la importancia de esas vinculaciones en términos de cantidad de patentes.

⁸ La cantidad de filas de la matriz P_i .

⁹ Es decir, para cada campo biotecnológico k, se suman horizontalmente las filas de P_i que contienen clasificaciones en dicho campo. De modo que cada patente será incorporada en todo campo biotecnológico en el que posea clasificaciones.

En el presente trabajo, los conceptos a evaluar con estos indicadores incluyen:

- la evolución anual del número de patentes otorgadas por sector industrial para estudiar la dinámica de las oportunidades de innovación ligadas a la biotecnología y su difusión en entre los distintos sectores;
- indicadores de composición y concentración de la base de conocimientos agregados para el conjunto de empresas seleccionadas y su evolución en el tiempo, calculados a partir de las participaciones relativas de los “stocks” de clasificaciones tecnológicas en las matrices de base de conocimiento y un indicador de concentración en base a dichos porcentajes;
- el cálculo de coeficientes de “auto-correlación” temporal de esas estructuras de base de conocimiento medidas como participaciones relativas de “stocks” de clasificaciones para evaluar el grado de “dependencia de sendero” y la consecuente acumulatividad del proceso de generación de nuevos conocimientos biotecnológicos en las empresas;
- el cálculo de los indicadores “redes” antes mencionados para cada empresa, cada industria y a nivel global, con el objeto de identificar las “clases tecnológicas clave” según su centralidad y densidad en las bases de conocimiento sectoriales y global;
- indicadores de estrategias de las empresas: diversificación, basado en el cómputo de un índice de concentración de Hirschman/Herfindahl para la participación de las clasificaciones de las patentes de la firma en los diferentes grupos biotecnológicos, sobre la base de los “stocks” de clasificaciones en las matrices de base de conocimientos, por una parte y, por otra, un indicador de coherencia de la base de conocimientos tecnológica elaborado aplicando la metodología de Nesta-Saviotti¹⁰ a las matrices de base de conocimiento ya calculadas.
- el cálculo de todos los indicadores de dinámica de la difusión de la biotecnología para Argentina y Brasil, y de ventajas tecnológicas reveladas elaborados sobre los indicadores de “stocks” y “redes” para las patentes otorgadas a inventores o titulares con residencia en estos países y desagregadas sectorialmente, lo que permite estudiar también el grado de apropiación nacional de los desarrollos. Los indicadores de “stocks”, asimismo permiten estudiar las ventajas comparativas de las bases de conocimiento de Argentina y Brasil, mientras que los de “redes”, la importancia de las “tecnologías claves en las redes locales así como las oportunidades para la diversificación industrial.

3.4. Clasificación de las biotecnologías

Con el objetivo de definir el espacio de (bio) tecnologías, se aplica la definición 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 existen entre los evaluadores diferentes visiones sobre los significados de las categorías, hay un acuerdo respecto a los criterios utilizados para su clasificación.

Una de las dificultades que presentan los CIP es que los mismos se asignan desde un criterio “backward looking”, que depende del estado del conocimiento de la tecnología en el momento de la aplicación de la patente. Por ello, una misma clasificación puede obedecer a distintas oleadas de descubrimientos y tecnologías. Por ejemplo, una tecnología de genética tradicional y otra de genómica pueden asignarse a una misma clasificación. Esto requiere una interpretación

¹⁰ **Saviotti, Pier Paolo.** "The Knowledge-Base of the Firm in Biotechnology Based Sectors: Properties and Performance." *Rvista Brasileira de Inovacao*, 2002, pp. 129-66.

de la información limitada a las evoluciones de las participaciones de las distintas tecnologías, y no a la cantidad absoluta de patentes.

La definición de la OCDE abarca una amplia variedad de CIP biotecnológicas, que van desde técnicas de ADN recombinantes hasta técnicas tradicionales de biorremediación. Frente a esto es importante señalar dos cuestiones metodológicas.

- En primer lugar, desde un criterio estricto, la biotecnología solo debería incluir a un subconjunto de nuevas técnicas asociadas al ADN recombinante (las agrupadas en la clasificación C12N) y anticuerpos monoclonales (agrupadas en C07K). Sin embargo, las **modernas biotecnologías** se caracterizan por un alto grado de complementariedad con biotecnologías tradicionales, tales como las tecnologías de fermentación.
- En segundo lugar, las tecnologías de ADN recombinante y anticuerpos monoclonales constituyen sólo una primera oleada de las modernas biotecnologías generadas y adoptadas por las empresas. Con posterioridad, se produjeron otras oleadas de biotecnologías asociadas a las oportunidades abiertas por la genómica y la proteómica, sin que las primeras perdieran peso en las carteras de las empresas.

A fin de captar las modificaciones de la composición y complementariedades entre distintas tecnologías, desagregamos la definición amplia de biotecnología de la OCDE en los diversos campos de conocimiento de las cuales forman parte. Agrupamos las clasificaciones según distintas áreas biotecnológicas a partir de la clasificación realizada en trabajos previos y de la consulta con investigadores en ciencias biológicas (Graff, 2002). Se determinaron 14 campos o áreas de conocimientos biotecnológicos.

Cuadro N°1. Agrupamiento de IPC correspondientes a biotecnologías.

Tipo	Nombre de Biotecnología	IPC	Descripción
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
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 de 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 obtenerlos.
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 15/29-41, 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 15/57, 62-65	Identificar la unión de secuencias genómicas que codifican un conjunto coherente de potenciales productos funcionales a partir de enzimas y proenzimas.
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 base de proyecto PICT 1833 "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina"

El hecho que cada patente cuente con más de una clasificación asignada, permite identificar el grado de complementariedad entre las distintas tecnologías, delimitando cuáles son los campos de conocimiento que determinan el sistema técnico. Por ejemplo, un nuevo proceso para producción de insulina recombinante, requiere contar con un conocimiento codificado respecto a la secuencia de ADN (C12N 15/63) y un conocimiento específico del microorganismo en cuestión (ejemplo: bacterias) clasificado como C12N 1, a partir del cual mediante técnicas de ADN recombinante (C12N 15), permite aumentar la productividad en la producción de un péptido (C07K 14) como es la insulina. Esta innovación requirió utilizar 4 campos de conocimientos complementarios, algunos de carácter específico y otros de carácter genérico, que reflejan la base de conocimiento necesaria para el desarrollo de un nuevo proceso para un producto existente.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" CEUR-CONICET

A tal fin, se consideraron la totalidad de CIP de ocho dígitos de cada patente suponiendo que todos tienen igual peso en el conocimiento incorporado a cada patente¹¹. De esa forma cada desarrollo o descubrimiento, cuenta con más de una fuente de conocimiento para su realización. Por lo que el número de clasificaciones biotecnológicas asignadas a las patentes acumuladas por cada empresa siempre es mayor o igual al número de patentes involucradas. El número de clasificaciones no refleja la cantidad de desarrollos (o descubrimientos) sino que es un indicador de stock de conocimientos con el cual contará la empresa.

También se tuvieron en cuenta las tecnologías no pertenecientes al amplio campo de la biotecnología. Una patente biotecnológica puede contar con una clasificación no correspondiente a otras biotecnologías. Las clasificaciones no biotecnológicas brindan información de alto interés a fin de analizar la complementariedad de las biotecnologías con otros paradigmas tecnológicos. Se agruparon las CIP no biotecnológicas en 5 grupos: tecnologías de la información, químicos y farmacéuticos, agroalimentos, metal-mecánica e ingeniería y nanotecnología. De esta forma será posible indagar cuáles son las principales tecnologías conexas de cada una de las 14 clases agrupadas de biotecnologías.

4. Aplicación de los indicadores

En esta sección se indagan las principales hipótesis señaladas en la revisión de la literatura sobre la convergencia de la base de conocimientos entre las distintas aplicaciones industriales, la centralidad y densidad de las distintas biotecnologías, la diversificación y la coherencia de los portafolios biotecnológicos de las principales empresas, y finalmente, se presentan indicadores preliminares sobre el perfil de especialización y el grado de apropiación de los efectos externos potenciales de la base de conocimientos de la biotecnología industrial en Argentina y Brasil.

4.1. Difusión de la biotecnología industrial

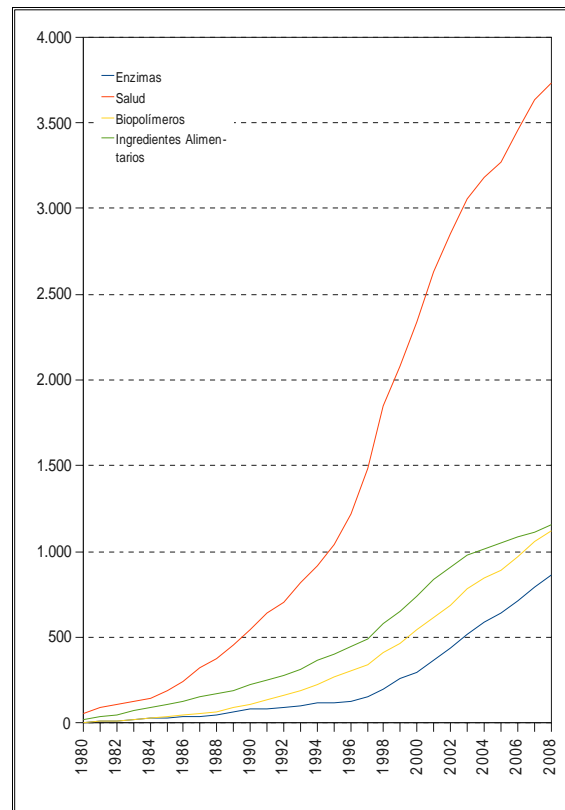
El desarrollo de las tecnologías tal como fue analizado en la sección precedente sugiere que los paradigmas tecnológicos se caracterizan por un período de crecimiento rápido de las potencialidades tecnológicas en una industria, seguido por otro período de crecimiento más moderado, formando una suerte de curva “S” de desarrollos tecnológicos seguido, a su vez, por un declive (Andersen, 2000). 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 comercializados¹². Este stock se computó suponiendo que a los 13 años las oportunidades no generan ventajas

¹¹ Si bien este es un supuesto simplificador, no existe un criterio uniforme que sostenga que la primera clasificación sea la más representativa del campo de conocimiento utilizado, optándose por el criterio de “igual peso a todas las clasificaciones” a fin de captar las vinculaciones entre las tecnologías. Por ejemplo en el caso del desarrollo de un nuevo sistema de expresión para producir insulina recombinante por el Laboratorio BETA (US7091032), la primera clasificación corresponde a la insulina *excluyendo los procesos de ingeniería genética y de enzimas para su obtención*. Cuando la innovación es la aplicación a un tipo particular de microorganismo de una técnica de ADN_r, que secundan a la clasificación de la insulina, que es un producto existente en el mercado.

¹² No debemos confundir esta curva con la de difusión. Mientras que la curva de difusión 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.

adicionales a las empresas, tendiendo a formar parte del conocimiento de libre disponibilidad.

**Gráfico N°1. Biotecnología Industrial:
Stock acumulado de patentes otorgadas UPSTO
según industria de aplicación**



Stock de Patentes calculado, suponiendo que las patentes dejan de formar el stock a los 13 años de aprobada por la Oficina.

Fuente: Base de datos proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Como se desprende del gráfico, 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 farmabioteología que en el caso de las otras aplicaciones. Las industrias alimentarias son las segundas en términos de número de patentes otorgadas, terceros los sectores fabricantes de biopolímeros y cuartos los de enzimas. Aun considerando que la muestra de empresas en aplicaciones en salud es más incompleta que en la del resto de las aplicaciones industriales, esta industria explica durante todo el período más de la mitad de las patentes.

El ciclo de oportunidades de la biotecnología no presenta la misma evolución en los tres sectores. En el caso de las oportunidades abiertas para los ingredientes alimentarios y las enzimas, se evidencia una fase inicial de expansión hasta fines de los años '90, seguida por una moderación y estancamiento en las tasas de crecimiento en 2008. En el caso de los biopolímeros, las oportunidades muestran un crecimiento más monótono (menos cíclico) que el resto. La industria farmacéutica muestra una evolución sensiblemente diferente: se evidencian sucesivas fases de expansión que no llegan a estabilizarse, indicando que en esta industria las oportunidades se manifiestan como la acumulación de distintas oleadas.

**Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET**

Tal como se señalaba en la introducción, las promesas de la biotecnología en el sector salud no se han visto validadas en la misma magnitud por la realización de nuevos productos en el mercado. Sin embargo, como se desprende de estas evidencias preliminares, la farmabiología ha abierto importantes (y variadas) oportunidades científicas. La industria de salud, más allá de su capacidad limitada de transformar las oportunidades tecnológicas en nuevos productos, ha jugado un rol central como impulsora de nuevas aplicaciones intersectoriales. Esto se ilustraría en el hecho, por un lado, que las aplicaciones en salud siguen siendo las principales fuentes de oportunidades de la biotecnología, y por el otro, que las aplicaciones en ingredientes alimentarios y en enzimas ven acelerar sus oportunidades con posterioridad al primer pico de patentamiento en 1987, asociado a la utilización de las técnicas recombinantes en aplicaciones industriales preexistentes.

En resumen, si bien la industria farmacéutica no ha explotado aún todo el potencial abierto por las biotecnologías, es la que presenta mayores oportunidades y permite sostener, a modo de hipótesis, que la misma jugaría un rol de industria motriz en la generación de oportunidades biotecnológicas hacia el resto de las industrias.

4.2. Acumulatividad y convergencia entre distintas aplicaciones de la biotecnología industrial.

A lo largo del período en el cual se fueron sucediendo las distintas oleadas de difusión de la biotecnología, la estructura de la base de conocimientos fue cambiando y ciertas técnicas biotecnológicas y/o campos de conocimiento adquirieron un peso mayor que otras. El interrogante planteado en la sección de marco conceptual es en qué medida las estructuras de las bases de conocimientos están sujetas a procesos acumulativos de “dependencia de sendero” durante todo el período bajo estudio, o si las mismas muestran procesos de recomposición de la base de conocimientos. Y en qué medida, la dependencia de sendero en la estructura se ve acompañada de una divergencia de las bases de conocimiento de las distintas industrias, que limitan la emergencia de un paradigma biotecnológico común.

4.2.1. Evolución de la estructura de la base de conocimientos.

Previo a analizar estos procesos específicos a cada industria, es interesante mostrar como ha cambiado la estructura de la base de conocimientos conjunta, correspondiente a cada una de las tres décadas de difusión de las biotecnologías (Cuadro N°3).

Cuadro N°3. Biotecnología Industrial: cambios de la composición de la BC.

Biotecnología	Años 80		Años 90		Años 2000		Acumulado	
	%	Orden	%	Orden	%	Orden	%	Orden
Micro-organismos	15,4	2	18,8	1	18,6	1	18,5	1
Péptidos	14,5	4	15,2	2	14,1	2	14,5	2
Ingeniería genética general	6,4	7	12,3	5	13,8	3	12,9	3
Medición o tests biológicos	22,1	1	13,3	3	10,1	6	11,9	4
Bioprocesamiento	14,8	3	9,9	6	11,4	4	11,1	5
Preparaciones medicinales (antibiot, vitaminas, hormonas)	12,6	5	12,8	4	9,4	7	10,7	6
Enzimas	8,1	6	9,9	7	11,3	5	10,7	7
Lineas celulares y tejidos vegetales	1,8	8	2,8	8	3,8	8	3,4	8
Genes que codifican enzimas or proenzimas	1,4	10	2,7	9	3,2	9	2,9	9
Genes que codifican proteínas	0,2	12	0,8	10	2,2	10	1,6	10
Aparatos para enzimología o microbiología	1,8	9	0,8	11	0,8	12	0,8	11
Procesos para modificación de genotipos	0,1	13	0,5	12	1,0	11	0,8	12
Reproducción de plantas por cultivo de tejidos	0,0	14	0,1	13	0,1	13	0,1	13
Técnicas de biorremediación	0,9	11	0,1	14	0,0	14	0,1	14
Indice de Hirschman-Herfindalh	0,14		0,13		0,12		0,12	

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Puede apreciarse que la estructura de la base de conocimientos cambió. La diversificación

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

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 la década del 80 y la década del 90, que entre esta última y la primera década del nuevo milenio.

Al analizar en detalle la estructura de la base de conocimientos, se evidencia que ciertas tecnologías ocuparon durante todo el período posiciones superiores en el patentamiento. Estas son aquellas asociadas a los microorganismos que sirvieron de sistemas de expresión para la ingeniería genética, esto es, la identificación y uso de distintos sistemas de expresión para obtener productos biotecnológicos. Las enzimas, las tecnologías de biprocesamiento, y las técnicas de biología celular también mantuvieron su peso en la estructura.

Por otra parte, existen otras biotecnologías que aumentaron significativamente su peso hasta llegar, en la actualidad, a ubicarse entre las que más atraen la atención de la industria. En este grupo cabe destacar 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 a partir de éstas últimas –como es el caso de la insulina, factor de crecimiento, EPO– y los anticuerpos (monoclonales y policlonales). Finalmente, existen técnicas biotecnológicas que, si bien tuvieron un peso importante al principio perdieron importancia, como los tests o dispositivos de medición biológicos, que de ser la primera tecnología en importancia en la década de los años 80, ocupa un sexto lugar en los años 2000.

Estos cambios en la estructura de la base de conocimientos se encuentran sensiblemente sesgados por el peso de las aplicaciones en salud. Mientras que en el caso de la industria farmacéutica las tecnologías habilitadoras (enabling) de ingeniería genética general mantuvieron su peso, en el resto de las industrias mostraron un aumento significativo. Pasando de ser las novenas tecnologías en importancia a las terceras en la industria de enzimas, secundando a los desarrollos de nuevas enzimas y a los microorganismos que le sirven como sistema de expresión. En biopolímeros, éstas pasan de ser las séptimas a las segundas tecnologías en importancia. En cambio, en las aplicaciones alimentarias, estas tecnologías mantienen el peso que tuvieron desde inicios de los '80.

4.2.2. Acumulatividad y dependencia de sendero en las aplicaciones de la biotecnología

Cabe interrogarse en qué medida las distintas industrias de aplicación reestructuraron su base de conocimientos tras la emergencia de las biotecnologías. Para ello, estimamos la correlación estadística entre la estructura promedio del período t y la del período previo $t-1$, para $t= 1990$ y 2000. En el caso que la correlación de Pearson sea próxima a la unidad y estadísticamente significativa, se evidencia un alto grado de auto-correlación que indica una elevada dependencia de sendero de las estructuras. Esto es, que el tipo de tecnología alrededor de las cuales se buscan nuevos desarrollos y/o tecnologías, es dependiente de la historia previa. Aspecto que denota, por un lado, las limitaciones cognitivas de las empresas para cambiar continuamente sus capacidades tecnológicas y, por el otro, el hecho que en las actividades de I&D existen rendimientos crecientes dinámicos, que ante una mayor acumulación de conocimientos en cierta combinación de disciplinas, mayor la probabilidad de obtener innovaciones.

Cuadro N°4. Biotecnología Industrial:

Auto-Correlación de la estructura tecnológica en distintas aplicaciones

Industria	90 respecto años 80	2000 respecto años 90
Enzimas	0,80	0,91
Farmacéutica	0,77	1,00
Biopolímeros	0,47	0,89
Ingredientes alimentarios	0,79	0,91

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Nota: Los coeficientes de correlación subrayados y en negrita son significativos con 1% de error, los coeficientes en negrita son significativos al 5%.

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" ...

Como se discutió en la sección 2, es de esperar que la dependencia de sendero sea alta en la fase de emergencia de la tecnología, para luego descender durante su difusión, y volver a ser importante durante la consolidación del paradigma. La emergencia de la biotecnología en las industrias analizadas, en particular en las aplicaciones de salud, es propia de la segunda mitad de los años '70 y primera mitad de los años 80, período para el cual no contamos con información. Sin embargo, podemos apreciar que en la fase de difusión y expansión, la dependencia de sendero no es importante. La estructura de la base de conocimientos de los años '90, no parece muy auto-correlacionada con la de los años '80 para casi todas las aplicaciones. Esto muestra que existe un fuerte cambio en la base de conocimientos en este período en las aplicaciones de biopolímeros, biofarma y, en menor medida, enzimas e ingredientes alimentarios. A partir de los años 2000, se evidencia un aumento sensible en la dependencia de sendero, que se refleja en índices mayores y significativos al 1%. Esto mostraría que dominan los efectos de acumulatividad y de rendimientos crecientes en las aplicaciones analizadas.

4.2.3. Convergencia de la base de conocimientos de las aplicaciones industriales de la biotecnología

Cabria esperar que a medida que aumenta la dependencia de sendero y la acumulatividad en cada una de las industrias, las bases de conocimiento se hagan más específicas y por lo tanto menor sea la convergencia a un conjunto de plataformas y heurísticas de búsqueda comunes. Este grado de convergencia entre las bases de conocimientos de las distintas aplicaciones puede estimarse con la correlación estadística entre las estructuras de las bases de conocimientos de las distintas aplicaciones industriales.

Esta estimación se realizó para las tres décadas y se pudo identificar dos evoluciones diferenciadas. Por un lado, las aplicaciones en enzimas, biopolímeros y alimentos muestran una creciente convergencia entre los años 80 y 90, estabilizándose en los años 2000. Por otro lado, las aplicaciones de la industria de salud muestran una convergencia transitoria: partiendo de una base de conocimiento que resulta diferente a la mayor parte de las otras industrias durante los años 80, avanza hacia una convergencia durante los años '90 y luego vuelve a divergir en la primera década del milenio.

La convergencia tecnológica entre todas las aplicaciones durante los años '90 se corresponde con una menor acumulatividad de la I&D en ese período respecto a los años '80. Hasta los años '80 las empresas de biotecnología industrial fabricaban biopolímeros y biocatalizadores – enzimas- a partir de la identificación de microorganismos existentes en la naturaleza, utilizando métodos extractivos. La irrupción de la biología molecular y de las modernas técnicas de ingeniería genética hacia fines de los años '70 en el área de la salud humana, llevó a las empresas de bioprocésamiento a diversificar su BC hacia estas nuevas tecnologías. Esto permitió que durante los años '90, la producción de enzimas a partir de microorganismos modificados genéticamente sustituya a los métodos extractivos. Como corolario, el proceso de diversificación de la base de conocimiento de las aplicaciones en biopolímeros y enzimas, lleva a una convergencia en el espacio de sus competencias tecnológicas con salud.

Durante los años 2000, la convergencia se revierte en el caso de las aplicaciones de salud, aunque en el resto continúa. La industria farmacéutica continúa su sendero de acumulación de competencias hacia áreas biotecnológicas que son secundarias en las otras industrias, como lo son el desarrollo de péptidos y anticuerpos monoclonales, y las aplicaciones medicinales de

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" CEUR-CONICET

éstos últimos. Por su parte, las industrias de biopolímeros, de enzimas y de alimentos muestran una estructura de su base de conocimiento convergente, en la cual los microorganismos, bioprocesamiento enzimas e ingeniería se consolidan como base de conocimiento común.

**Cuadro N°5. Biotecnología Industrial:
Correlación de la BC en distintas aplicaciones.**

	Década del 80		
	Enzimas	Biopolímeros	Ingredientes alimentarios
Industria farmacéutica	31%	<u>93%</u>	35%
Enzimas		28%	<u>88%</u>
Biopolímeros			32%
	Década del 90		
	Enzimas	Biopolímeros	Ingredientes alimentarios
Industria farmacéutica	<u>62%</u>	<u>76%</u>	42%
Enzimas		<u>80%</u>	<u>95%</u>
Biopolímeros			<u>73%</u>
	Años 2000		
	Enzimas	Biopolímeros	Ingredientes alimentarios
Industria farmacéutica	42%	37%	40%
Enzimas		<u>90%</u>	<u>97%</u>
Biopolímeros			<u>87%</u>

Nota: Los coeficientes de correlación subrayados y en negrita son significativos con 1% de error, los coeficientes en negrita son significativos al 5%.

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" ...

En resumen, se evidencia un proceso de convergencia incompleta que transitoriamente alcanza una base de conocimientos comunes durante los años '90, para luego acotarse a las aplicaciones industriales. Si bien las aplicaciones de salud presentan trayectorias tecnológicas con acumulatividad de su base de conocimiento, las mismas no se estabilizan en un conjunto de tecnologías comunes a las otras aplicaciones. Sino que continuamente esta base se está renovando, limitando la consolidación de un único paradigma biotecnológico.

4.3. Configuración de las redes de conocimientos de la biotecnología industrial

En esta sección se identificarán cuales son las clases biotecnológicas que ocupan un rol clave en este proceso incompleto y transitorio de convergencia entre las biotecnologías. El carácter "clave" de ciertas biotecnologías se encuentra definido por su centralidad y densidad en la matriz de la base de conocimientos. Entendemos por centralidad, la variedad de tecnologías con las que una tecnología muestra complementariedades y densidad, la cantidad de esas complementariedades. En función de ello, podrá identificarse en cada industria de aplicación, cuáles son las biotecnologías que cuentan con una red bien desarrollada de complementariedades (alta densidad y alta centralidad), cuáles las que generan complementariedades extensivas (alta centralidad y baja densidad), las de complementariedades intensivas (baja centralidad, alta densidad) y aquellas con complementariedades de bajo desarrollo (baja centralidad y baja densidad).

4.3.1. Matriz de la base de conocimientos biotecnológicos.

Previo analizar las redes tecnológicas de cada industria, a partir de indicadores de centralidad y densidad, presentamos la matriz de la red de conocimientos de la biotecnología industrial

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" CEUR-CONICET

(Cuadro N°6). Esto nos permitirá ilustrar qué tecnologías son clave, al contar con mayor densidad y centralidad de complementariedades. En las filas de la matriz vemos las distintas biotecnologías de origen y en las columnas las de destino. En la diagonal principal – en negrita se presenta el stock de cada tecnología. Fuera de la diagonal principal, se muestran el porcentaje de co-clasificación de las tecnologías destino respecto al total de las tecnologías de origen. Esto ilustra las complementariedades entre las distintas tecnologías. Al leer las filas podemos apreciar el porcentaje de biotecnologías de cada fila que es complementaria (co-clasifica) con la de la columna respectiva.

A través de esta matriz se puede visualizar que el patentamiento de micro-organismos lidera el stock de la base de conocimientos y es el que muestra una mayor densidad de complementariedades. El conocimiento sobre los sistemas de expresión sobre el cual se aplican las biotecnologías es una fuente de complementariedades para todas las biotecnologías, en particular en el caso de ingeniería genética, genómica y enzimas. Por su parte, la ingeniería genética es altamente transversal a una multiplicidad de tecnologías, aunque sus mayores complementariedades se localizan con la genómica, los microorganismos, las enzimas y el fitomejoramiento vegetal.

También es interesante notar que tanto las biotecnologías más “tradicionales” de fitomejoramiento vegetal, micro propagación y biorremediación no son centrales ni muestran alta densidad, evidenciando que en las industrias analizadas, no existe un interés estratégico hacia la integración de estas tecnologías en la red de conocimientos. Las tecnologías de bioprocesamiento tampoco muestran un alto grado de complementariedad ni ocupan un lugar central cuando se analiza la biotecnología en su conjunto.

Resulta notable la poca articulación con la industria de bienes de capital: los aparatos de enzimología y/o microbiología. Esto ilustra que las industrias de equipamiento, si bien son un soporte relevante para la industria, no constituyen un vector de convergencia entre distintas tecnologías.

Cuadro N°6. Matriz de complementariedad entre distintas biotecnologías. Peso de las vinculaciones en las patentes asignadas en cada clase (% por fila) y stock de patentes acumulado (diagonal principal). Período 1980-2009.

	Procesos modificación de genotipos	Técnicas de cultivo de tejidos vegetales	Preparaciones medicinales	Biorremediación	Péptidos	Aparatos para enzimología o microbiología	Micro-organismos	Lineas celulares y tejidos	Enzimas	Ingeniería genética general	Genes que codifican proteínas de plantas y de microbios	Genes que codifican enzimas or proenzimas	Bioprocesamiento	Medición o testeo biológicos	Tecnologías de la información	Químicos Farmacéuticos	Agroalimentos	Ingeniería de procesos	Nanotecnología
Procesos modificación de genotipos	193	9	2	0	30	0	65	61	33	61	18	9	14	9	0	28	56	3	0
Técnicas de cultivo de tejidos vegetales	64	28	0	0	0	4	54	43	7	54	4	4	0	0	0	7	43	7	0
Preparaciones medicinales	0	0	2584	0	76	0	43	14	15	30	1	2	23	21	0	36	3	5	0
Biorremediación	0	0	0	26	4	8	31	4	8	8	0	4	27	4	0	15	15	100	0
Péptidos	2	0	56	0	3517	0	54	14	19	40	7	3	29	25	1	28	4	7	0
Aparatos para enzimología o microbiología	0	0	3	1	3	203	33	5	8	23	0	1	16	47	1	21	4	39	0
Micro-organismos	3	0	25	0	43	2	4466	16	41	70	9	16	39	23	1	29	13	11	0
Lineas celulares y tejidos	14	1	43	0	58	1	85	817	33	76	6	11	55	32	0	38	21	6	0
Enzimas	2	0	15	0	26	1	72	10	2576	51	7	23	39	19	0	29	14	16	0
Ingeniería genética general	4	0	25	0	45	1	100	20	42	3111	11	15	37	28	1	31	13	12	0
Genes que codifican proteínas de plantas y de microbios	9	0	10	0	61	0	100	13	43	86	395	20	23	10	1	15	30	3	0
Genes que codifican enzimas or proenzimas	3	0	9	0	17	0	100	13	82	66	11	708	51	13	0	18	19	15	0
Bioprocesamiento	1	0	23	0	38	1	64	17	37	42	3	13	2693	20	0	39	10	9	0
Medición o testeo biológicos	1	0	19	0	30	3	36	9	17	30	1	3	19	2870	3	35	2	14	0

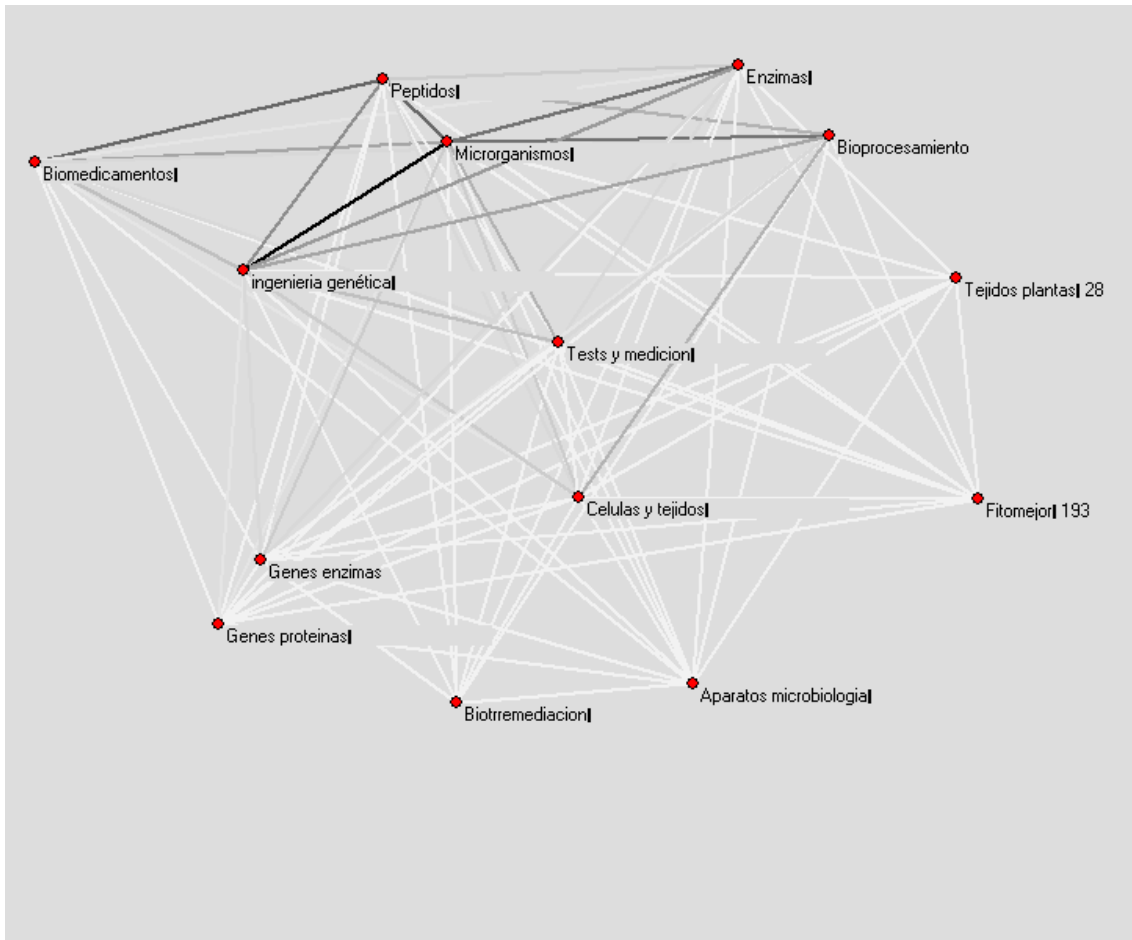
Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Por último, cabe hacer una mención a la complementariedad entre las biotecnologías y otras tecnologías no biológicas. En la parte del cuadro coloreada con gris, se presentan las clasificaciones entre biotecnologías y otras tecnologías agrupadas en 5 grandes rubros. Podemos ver que la complementariedad con TICs y Nano es baja. Esto muestra que si bien puede haber convergencia a nivel de relaciones insumo-producto, no existen desarrollos conjuntos que requieran combinar especialistas en software con biólogos moleculares. Los spill-overs se encuentran “incorporados” a los equipos. En el caso de las tecnologías de equipamiento, lógicamente estas son altamente complementarias a los aparatos de enzimología y microbiología, aunque también a las pocas patentes existentes de biorremediación. Pero sin lugar a dudas en las disciplinas con las cuales existen complementariedades es con la química y con los complejos agroalimentarios. En general las complementariedades son mayores con las tecnologías químicas, a excepción de la genómica que muestra una complementariedad mayor con la tecnología alimentaria. Esto seguramente asociado a los avances en nutrigenómica.

En resumen, ciertas tecnologías genéricas como las de ADN recombinante y/o el descubrimiento de microorganismos ocupan un lugar clave. Las otras tecnologías muestran redes tecnológicas más localizadas y/o menos densas. En el gráfico N°2, es posible visualizar la red de la base de conocimientos de la biotecnología industrial, en la cual las líneas oscuras son las que muestran una mayor densidad de las relaciones entre estas tecnologías. Como puede apreciarse a la ingeniería genética y los microorganismos con menor densidad, otras tecnologías complementarias (bioprocesamiento, péptidos, enzimas, biomedicamentos) y luego otras tecnologías aún periféricas, como la geonómica de enzimas y proteínas, o los tests biológicos. Estas constituyen a la luz de las estimaciones, las biotecnologías que forman parte de la red de conocimientos.

Gráfico N°2. Red de la base de conocimientos biotecnológicos



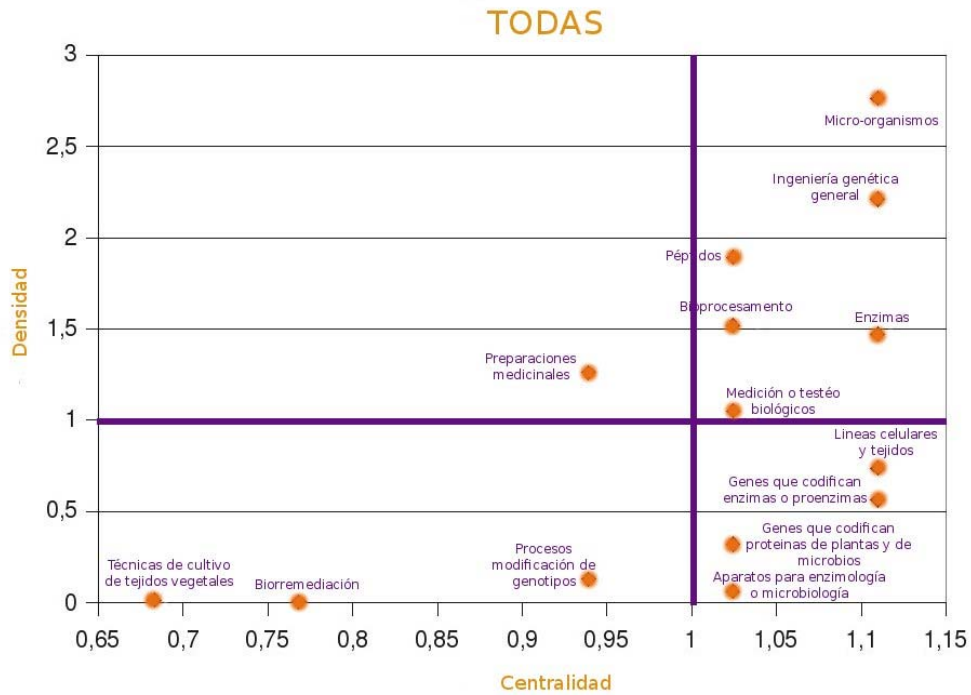
Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

**Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
 Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET**

4.2.2. Centralidad y densidad de las biotecnologías

A fin de analizar sistemáticamente la densidad y centralidad de las biotecnologías es necesario construir indicadores siguiendo la metodología presentada en la sección 3 (Gráfico N°3). Tomando como referencia los niveles de centralidad y densidad promedio de todas las aplicaciones, podemos establecer cuatro tipos de tecnologías en relación al desarrollo de sus redes de conocimientos.

Gráfico N°3. Red de la base de conocimientos biotecnológicos



Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

En el cuadrante de biotecnologías con redes bien desarrolladas se encuentran 6 de las 14 biotecnologías. Como era de esperarse, las dos biotecnologías con mayor centralidad y densidad respecto al promedio del conjunto de biotecnologías son los microorganismos modificados genéticamente y la ingeniería genética. Sin embargo, las enzimas, los desarrollos de péptidos y anticuerpos monoclonales, y los tests de medición biológicos también son biotecnologías con alta densidad y centralidad relativa. Existen un conjunto de biotecnologías, que si bien no muestran un alto grado de densidad, son centrales en la red, dada la alta variedad de otras biotecnologías con las cuales son complementarias. Entre ellas cabe destacar la geonómica.

A medida que se difunden las biotecnologías, la densidad y centralidad relativa en la base de conocimientos va variando. En el cuadro N°7 se presenta la evolución de los indicadores respectivos para los distintos períodos de difusión de las biotecnologías. Allí se puede inferir que los microorganismos, si bien se encuentran en una posición nodal en la red, han perdido centralidad y densidad en la red. La ingeniería genética, se articula de forma más densa en la red pero ha perdido centralidad, siendo una tecnología con un crecimiento intensivo en la red. Por su parte, las tecnologías de enzimas han aumentado entre 1980 y los años 2000, tanto su densidad como su centralidad en la red. Lo cual revela la importancia creciente de la misma en la difusión de los nuevos conocimientos biotecnológicos. También es de destacar que la geonómica de enzimas y proteínas, han profundizado su posición central de la red aunque aún muestran un bajo grado de densidad relativa.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Cuadro N°7. Densidad y centralidad relativa de la biotecnología industrial. Variación en las distintas etapas de difusión del paradigma.

Biotecnología	Centralidad relativa			Densidad relativa		
	80s	90s	00s	80s	90s	00s
Procesos modificación de genotipos	0,00	0,99	0,97	0,00	0,09	0,16
Técnicas de cultivo de tejidos vegetales	0,00	0,49	0,71	0,00	0,01	0,02
Preparaciones medicinales (antibiot, vitaminas, hormonas)	1,32	0,99	0,97	1,82	1,54	1,09
Biorremediación	0,66	0,39	0,71	0,04	0,01	0,00
Péptidos	1,45	1,08	0,97	2,44	2,08	1,76
Aparatos para enzimología o microbiología	1,32	0,89	0,89	0,13	0,05	0,06
Micro-organismos	1,45	1,28	1,15	2,76	2,81	2,74
Líneas celulares y tejidos	1,06	1,18	1,15	0,59	0,70	0,77
Enzimas	1,06	1,18	1,15	0,89	1,32	1,58
Ingeniería genética general	1,32	1,28	1,15	1,58	2,19	2,26
Genes que codifican proteínas de plantas y de microbios	0,92	0,99	0,97	0,07	0,17	0,41
Gens que codifican enzymes or proenzymes	0,66	0,99	1,15	0,30	0,49	0,61
Bioprocesamiento	1,45	1,18	1,06	2,13	1,42	1,53
Medición o testéo biológicos	1,32	1,08	0,97	1,25	1,14	1,00
Todas	1	1	1	1	1	1

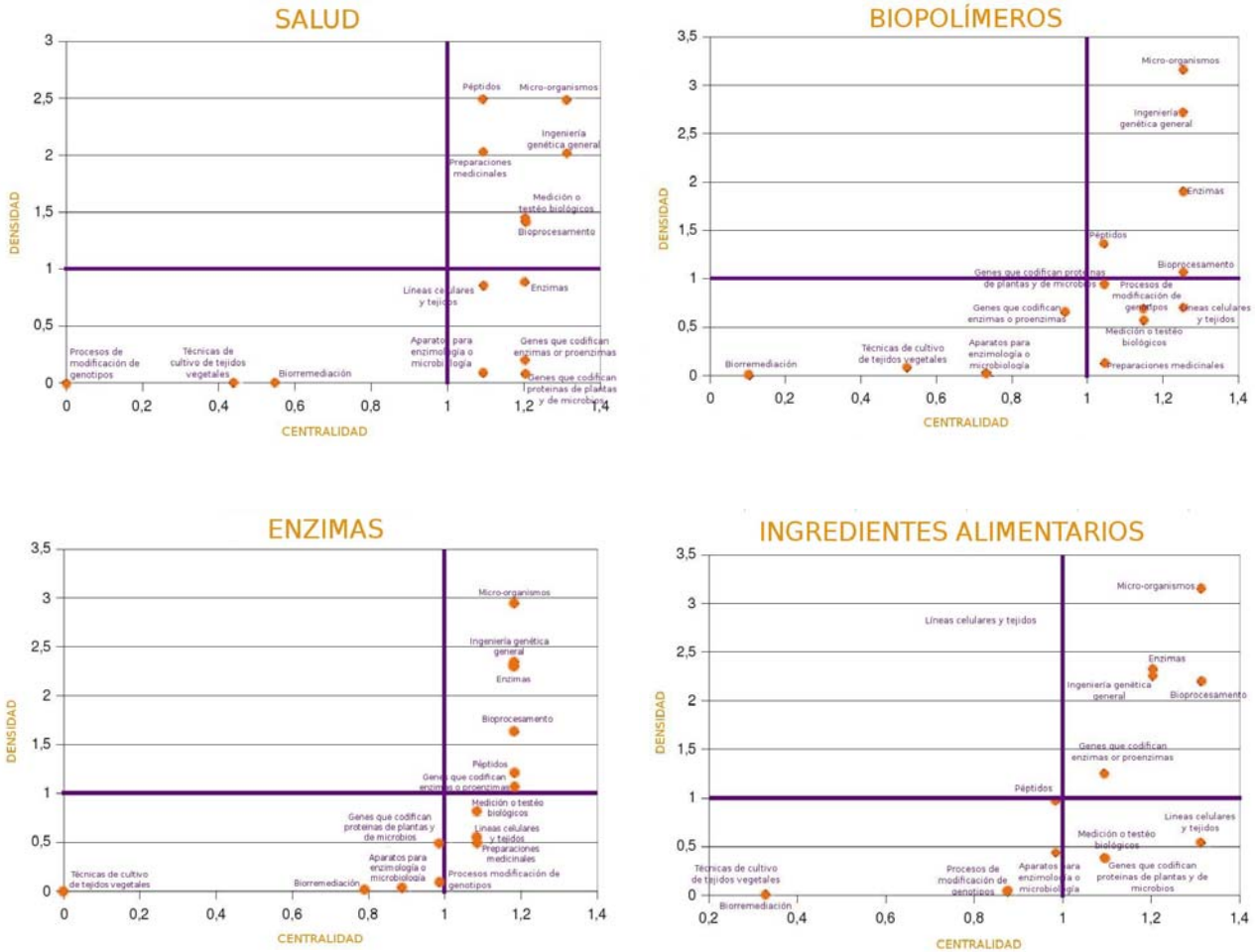
Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Como se ha mencionado, estos resultados se encuentran fuertemente sesgados por el peso de la farmabiotecnología en la base de conocimientos. El análisis de las redes de conocimientos específicas a cada industria nos permitirá identificar aquellas tecnologías que ocupan una posición central en varias o alguna de las aplicaciones.

Es posible observar en primer término, que la ingeniería genética general, bioprocesamiento, y microorganismos son tecnologías con un una alta densidad y centralidad relativa, lo que muestra que juegan un rol clave en la difusión de las biotecnologías todas las aplicaciones analizadas. Cualquier industria de base biotecnológica debe controlar estas tres tecnologías para aumentar la productividad de su I&D.

Más allá de estos tres campos tecnológicos clave comunes, existen ciertas biotecnologías que no son igualmente importantes en las redes biotecnológicas de todas las aplicaciones. Los tests biológicos, el desarrollo de péptidos y anticuerpos monoclonales y las preparaciones medicinales son clave en la industria farmacéutica. Por su parte, puede verse que mientras las tecnologías de enzimas ocupan un lugar secundario en las aplicaciones de salud, las mismas son clave en las otras aplicaciones. Por otra parte, los avances recientes en la genómica en enzimas y proteínas ocupan una posición clave (densa y central) en la base de conocimientos de las industrias de ingredientes alimentarios y de enzimas.

Gráfico N°4. Biotecnologías industriales: centralidad y densidad relativa en las distintas aplicaciones. Período 1980-2009.



Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

En resumen, no existe un paradigma biotecnológico consolidado sino que existen distintos paradigmas sectoriales con distintos grados de convergencia. Aún así existen ciertas biotecnologías que por su alta densidad y centralidad juegan un rol clave en la conformación de una base de conocimientos biotecnológicas. Estas son la ingeniería genética, los microorganismos modificados por técnicas de ADN recombinantes y el bioprocesamiento. Sin embargo, no son las únicas biotecnologías que estructuran el nuevo sistema técnico, existiendo una vez más una clara especificidad de las aplicaciones industriales. Esto hace, que tecnologías que no se encuentran entre las biotecnologías clave en las aplicaciones de salud estén adquiriendo alta densidad y centralidad, constituyéndose en articuladores de subsistemas tecnológicos como es el caso de los desarrollos de enzimas y de la genómica.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

4.4. Estrategias tecnológicas de las principales empresas de biotecnología industrial

Frente a este proceso de convergencia parcial e incompleta entre distintas biotecnologías, las firmas responden de manera heterogénea condicionadas por su trayectoria previa, buscando absorber las nuevas tecnologías con distintos grados de diversificación y coherencia de sus Bases de Conocimientos.

Como discutimos en la sección teórica, es importante distinguir entre la diversificación productiva y la diversificación tecnológica de las empresas. Mientras que la primera se encuentra asociada directamente a las dinámicas de los mercados de productos finales, las segundas obedecen a las necesidades de las empresas de absorber los conocimientos necesarios para mantener la competitividad. En un contexto como el analizado en las secciones previas, en el cual se multiplican los campos de conocimientos necesarios para desarrollar nuevos productos, no existe una correspondencia biunívoca entre la diversificación tecnológica y la diversificación productiva.

En los cuadros N°8 a N°11 es posible apreciar las estrategias de las principales empresas de biotecnología industrial seleccionadas en la muestra del estudio. Se presentan las características cualitativas más importantes de las empresas estimadas a partir de la base de patentes (ver cuadro A.2 del Anexo).

Cuadro N°8. Industria de salud: estrategias de las principales empresas seleccionadas en la muestra. Año 2009.

Empresa/Grupo	Estrategia de producción	Base conocimiento		Estrategia de I&D biotecnológica		
		Tamaño (stock patentes)	Dependencia de sendero (autocorrelación)	Diversificación	Coherencia	Alianzas I&D (Cotitularidad de patentes)
ROCHE	Diversificada	1.487	Baja	Alta	Baja	Baja
MILLENNIUM	Especializada	26	Alta	Alta	Alta	Alta
GENZYME	Especializada	341	Alta	Alta	Alta	Alta
GENENTECH	Especializada	1.015	Alta	Alta	Alta	Alta
DECODE	Especializada	21	Baja	Alta	Baja	Alta
AMGEN	Especializada	803	Alta	Alta	Alta	Alta
MYRIAD	Especializada	71	Alta	Alta	Alta	Alta
GILEAD	Especializada	164	Alta	Alta	Alta	Baja
BIOGEN	Especializada	205	Alta	Alta	Alta	Alta
HYSEQ	Especializada	36	Alta	Alta	Alta	Baja
MEDIMMUNE	Especializada	69	Alta	Alta	Alta	Alta
CEPHALON	Especializada	44	Baja	Alta	Baja	Alta
DADE	Especializada	502	Baja	Alta	Baja	Baja
QUIAGEN	Especializada	107	Baja	Alta	Baja	Baja
SEQUENOM	Especializada	71	Baja	Baja	Baja	Baja
AFFYMETRIX	Especializada	240	Baja	Baja	Baja	Baja
ENZYMOTEC	Especializada	2	Alta	Baja	Alta	Baja
MONOGRAM	Especializada	21	Baja	Baja	Baja	Baja

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

La industria de la salud comprende empresas de biofármacos y de diagnóstico, incluyendo dos de las empresas biotecnológicas especializadas pioneras, como lo son Genentech y Amgen. Estas empresas a partir de una base de conocimiento de gran tamaño y un alto grado de dependencia de sendero (acumulatividad) sobre las biotecnologías de ADN_r y anticuerpos monoclonales, han llevado adelante una estrategia tecnológica diversificada acompañada de una alta coherencia. Los desarrollos intra-muros son acompañados de una propensión relativamente alta a realizar alianzas de I&D con otras empresas o institutos de Investigación, compartiendo la titularidad de las patentes.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Roche contrasta con estas empresas, tanto en términos de su estrategia productiva como de su estrategia tecnológica. Se trata de un grupo diversificado con una fuerte 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 80 y 2000, la empresa incursionó en las biotecnologías modernas a través de una estrategia de diversificación tecnológica. Sin embargo, la modalidad de crecimiento, fundamentalmente a partir de procesos de centralización, se tradujo en una base de conocimientos biotecnológicos con baja coherencia.

A excepción de Roche, la mayor parte de las empresas de la muestra se caracterizan por una alta especialización productiva, que no impide que lleven adelante activas estrategias de diversificación tecnológica. Si bien varias empresas de diagnóstico muestran un bajo grado de diversificación tecnológica y de coherencia de sus bases de conocimiento, el sector muestra una propensión a la diversificación tecnológica y a una coherencia relativa alta.

En las industrias alimentarias, predominan las estrategias de diversificación en las líneas de productos, a excepción de ciertos proveedores especializados de ingredientes alimentarios. Esta alta diversificación productiva no es acompañada de una base de conocimientos coherente. La alta diversificación productiva en los casos de las empresas con importantes bases de conocimientos es acompañada por una estrategia de diversificación coherente. Tanto Nestle, Degusta, Danisco y Ajinomoto combinan la diversificación de sus líneas de negocios con una alta diversificación y coherencia de su base de conocimientos. Sin embargo, existen otras empresas, altamente diversificadas en los mercados de bienes pero cuya base de conocimientos – si bien diversificada- muestra bajos grados de coherencia (Unilever, Campinas y Chrs Hansen).

Es interesante remarcar que entre las grandes empresas agroalimentarias con bases de conocimiento desarrolladas, Ajinomoto y Danisco cuentan con una mayor propensión a realizar alianzas con otras empresas pares. En contraste, Nestle y Unilever no revelan una estrategia activa de alianzas que resulte en una alta co-titularidad de las patentes obtenidas. Esto no significa que estas empresas no establezcan acuerdos de cooperación con otras empresas o laboratorios públicos, sino que los acuerdos con empresas con igual poder relativo de negociación de los resultados de la innovación no son la norma en este tipo de estrategias. La organización externa de la I&D se asienta sobre la base de estrategias de “technology sourcing” y no de alianzas en el marco de la organización del oligopolio.

Cuadro N°9. Industria alimentaria: estrategias de las principales empresas seleccionadas en la muestra. Año 2009.

Empresa/Grupo	Estrategia de producción	Base conocimiento		Estrategia de I&D biotecnológica		
		Tamaño (stock patentes)	Dependencia de sendero (autocorrelación)	Diversificación	Coherencia	Alianzas I&D (Cotitularidad de patentes)
NESTLE	Diversificada	187	Alta	Alta	Alta	Baja
UNILEVER	Diversificada	172	Alta	Alta	Baja	Baja
DEGUSSA	Diversificada	220	Alta	Alta	Alta	Baja
AJINOMOTO	Diversificada	487	Alta	Alta	Alta	Alta
DANISCO	Diversificada	431	Alta	Alta	Alta	Alta
CAMPINA	Diversificada	5	Baja	Alta	Baja	Alta
DANONE	Diversificada	13	Baja	Baja	Baja	Baja
LALLEMAND	Diversificada	1	Baja	Baja	Baja	Baja
DMV	Diversificada	1	Baja	Baja	Alta	Baja
CHRHANSEN	Especializada	25	Alta	Alta	Baja	Alta
BIOGAIA	Especializada	13	Baja	Baja	Baja	Baja
PROBI	Especializada	9	Alta	Baja	Baja	Baja
NUTRICIA	Especializada	4	Baja	Baja	Baja	Baja

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

En la industria de proveedores de enzimas, coexisten estrategias productivas diversificadas con otras especializadas. A excepción de la empresa Dyadic, todas muestran un alto grado de diversificación biotecnológica y de aprovechamiento de las complementariedades. Entre las primeras, DSM y Novozymes son las que cuentan con una base de conocimiento más grande, resultado de la acumulación de conocimientos tecnológicos a partir de una estrategia de diversificación coherente en las biotecnologías. Entre las empresas especializadas en enzimas, cabe destacar a la empresa Diversa, que también muestra una base de conocimientos diversificada y coherente, con un gran potencial de liderazgo en la industria de enzimas global.

Cuadro N°10. Industria de enzimas: estrategias de las principales empresas seleccionadas en la muestra. Año 2009.

Empresa/Grupo	Estrategia de producción	Base conocimiento		Estrategia de I&D biotecnológica		
		Tamaño (stock patentes)	Dependencia de sendero (autocorrelación)	Diversificación	Coherencia	Alianzas I&D (Cotitularidad de patentes)
DSM	Diversificada	387	Alta	Alta	Alta	Baja
NOVOZYMES	Diversificada	351	Alta	Alta	Alta	Alta
DIVERSA	Especializada	118	Alta	Alta	Alta	Baja
CODEXIS	Especializada	7	Baja	Alta	Baja	Baja
DYADIC	Especializada	2	Baja	Baja	Baja	Baja

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Por último, en la industria de biopolímeros se evidencia un alto grado de heterogeneidad de las estrategias tecnológicas y productivas. Por un lado, los grandes grupos de la química como Basf, Dupont y la empresa Evonik, cuentan con estrategias tecnológicas diversificadas y coherentes. En cambio, los grandes grupos cuyo rigen es el comercio internacional de granos, no muestran una diversificación coherente. Este es el caso de Cargill y ADM. Todas las empresas muestran un relativamente alto grado de dependencia de sendero, mostrando alto grado de acumulatividad de la base de conocimientos, que diferencia a esta industria del caso de las industrias alimentarias y farmacéuticas.

Cuadro N°11. Industria de biopolímeros: estrategias de las principales empresas seleccionadas en la muestra. Año 2009.

Empresa/Grupo	Estrategia de producción	Base conocimiento		Estrategia de I&D biotecnológica		
		Tamaño (stock patentes)	Dependencia de sendero (autocorrelación)	Diversificación	Coherencia	Alianzas I&D (Cotitularidad de patentes)
BASF	Diversificada	351	Alta	Alta	Alta	Alta
DUPONT	Diversificada	1.267	Alta	Alta	Alta	Alta
EVONIK	Diversificada	56	Alta	Alta	Alta	Alta
CARGILL	Diversificada	82	Alta	Alta	Baja	Alta
ADM	Diversificada	54	Alta	Alta	Baja	Alta
METABOLIX	Especializada	31	Alta	Alta	Alta	Baja
IOGEN	Especializada	9	Alta	Baja	Baja	Baja

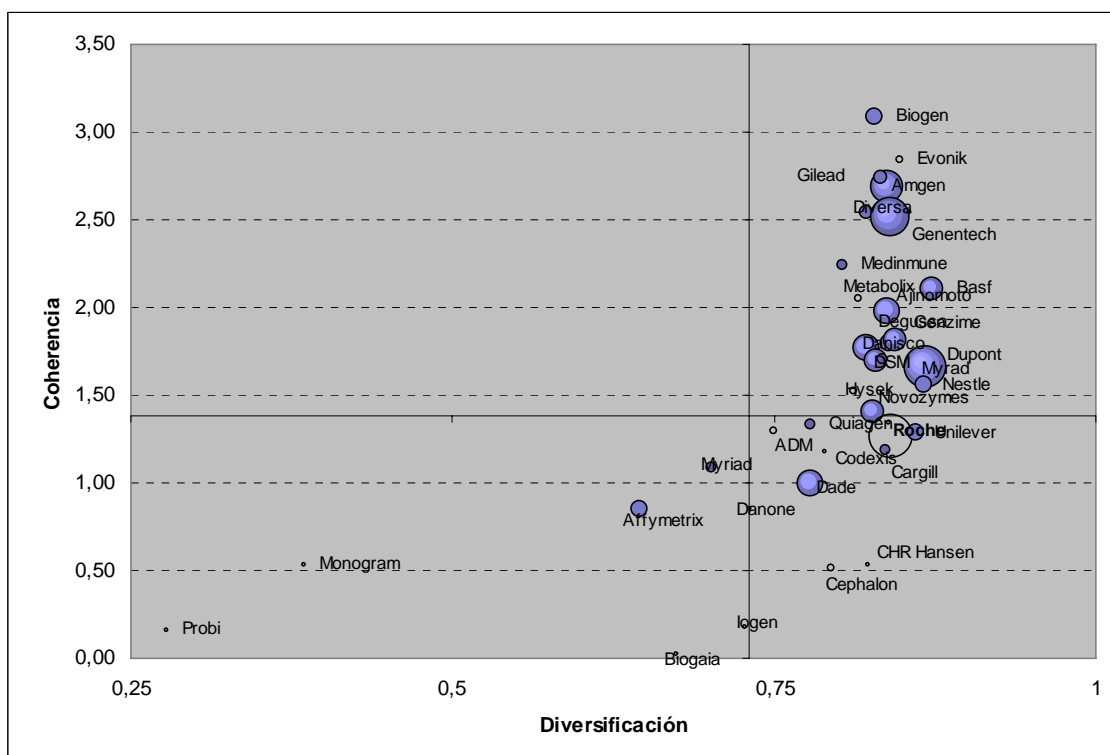
Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Se puede concluir del análisis previo que si bien existe 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. Solo en el caso de las industrias alimentarias y/o las grandes traders de granos

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

diversificadas a biopolímeros, se evidencia una dinámica más asociada a una expansión conglomeral, en la cual la diversificación tecnológica no parece acompañada de la explotación de las complementariedades entre las distintas biotecnologías, resultando en una baja coherencia. A modo de resumen, es posible clasificar en el gráfico N°5, las estrategias tecnológicas de las empresas según su grado de diversificación y de coherencia.

Gráfico N°5. Biotecnología industrial: estrategias de las firmas según su diversificación y coherencia



Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

A fin de evaluar en forma preliminar en qué medida la innovación se encuentra determinada por la simple diversificación o por la diversificación coherente de la base de conocimientos, realizamos una estimación de los determinantes de la innovación biotecnológica para las empresas de la muestra. El modelo combina información sobre el desempeño innovativo de las firmas, la estructura de sus bases de conocimiento y sobre las estrategias cuyo efecto sobre la innovación se busca desentrañar, pero siempre restringiéndose a variables de la propia base de conocimientos de las empresas.

La especificación básica busca explicar el comportamiento observado en el patentamiento en el último período (2000-2009) en función del stock de conocimientos previos en la base de conocimiento de la empresa, el grado de dependencia tecnológica de la trayectoria de esa firma, el nivel de complementariedades entre tecnologías y de diversificación de dicha base de conocimientos, y la importancia de la colaboración con otras empresas o institutos en esos desarrollos. Adicionalmente, se incluyeron variables cualitativas del sector de producción en que fue clasificada cada empresa. En el recuadro N°1 se presentan las variables a ser utilizadas.

La especificación inicial del modelo puede resumirse de la siguiente manera:

$$\text{Pat00} = \beta_0 + \beta_1 \text{Stock99} + \beta_2 \text{pathdep} + \beta_3 \text{diversif} + \beta_4 \text{coherenc} + \beta_5 \text{alianza} + u$$

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

El carácter acumulativo del conocimiento lleva a esperar una relación de signo positivo entre el stock previo de conocimientos acumulado por la empresa (Stock99) y su capacidad de generar nuevas aplicaciones patentables. La existencia de rendimientos crecientes del conocimiento ha

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

sido ampliamente estudiado por la literatura de economía de la información, en la cual el conocimiento es el único bien que es al mismo tiempo insumo y producto, siendo su costo de reproducción ínfimo en relación a su costo de generación (Arrow, 1962).

Recuadro N°1: Variables de la regresión

Pat00 = 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 = 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 ($1 - HHerf$). Mientras que el indicador $HHerf$ es mayor cuanto mayor es la especialización de la base de conocimientos, el indicador de $(1 - HHerf)$ 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.

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.

Poli = variable cualitativa que refleja la pertenencia de la empresa al sector de biopolímeros y bioplásticos.

Enzimas = variable cualitativa que refleja la pertenencia de la empresa al sector de enzimas y otros biocatalizadores

Por su parte, el efecto esperado de la dependencia de sendero (pathdep) sobre la probabilidad de innovar es ambiguo. Por un lado, suponiendo un paradigma tecnológico consolidado se espera que el grado de dependencia de sendero afecte positivamente la capacidad de generación de nuevos conocimientos. En empresas con paradigmas consolidados, bases de conocimiento con estructura más definida tienen mayor capacidad para generar nuevos cambios tecnológicos en el espacio de tecnologías existentes que en otras firmas que van “modificando” la composición de su base de conocimientos. Esto se debe al carácter localizado del cambio tecnológico cuando el paradigma está consolidado. En situaciones en las cuales los paradigmas tecnológicos no se han consolidado aún, la innovación está asociada a la recombinación de conocimientos de un número creciente de áreas tecnológicas, la búsqueda de soluciones a los problemas existentes no se acota al entorno de conocimientos sino que exige explorar nuevas oportunidades en otras áreas. En estos casos, en los que los paradigmas son emergentes, un alto grado de dependencia de sendero puede limitar la innovación.

Se incluyen como variables estratégicas la diversificación de la base de conocimientos (diversif) y la coherencia (coherenc). 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

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

áreas aumenta la probabilidad de innovar a partir de la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas, pero por otro lado, 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 variante de la especificación inicial del modelo al incluir la interacción entre la coherencia y la diversificación. Esta variable de interacción nos permitiría discernir si el efecto de un incremento marginal de la diversificación aumenta o disminuye la coherencia de la base de conocimientos.

En el cuadro N°12 se presentan las distintas especificaciones del modelo según se incluyan o no las variables de interacción.

Cuadro N°12

Resultados estimación por MCO				
Variable dependiente: log(Stock00)				
V. Independiente	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>c</i>	-1,103	-0,979	-2,147	-1,803
<i>log(Stock90)</i>	0.467***	0.503***	0.577***	0.677***
<i>pathdep</i>	1,754652*	1,661	0,723	0,129
<i>coherenc</i>	0,292	0,174	7.4260*	9.337***
<i>diversif</i>	2,449	1,902	4.077**	3.501**
<i>alianza</i>	-0,028	-0,024	-0,026	-0,013
<i>coherenc*diversif</i>	---	---	-8.480**	-10.822***
<i>farma</i>	---	0,495	---	0,011
<i>poli</i>	---	0,615	---	0,573
<i>enz</i>	---	0,787	---	0.827*
<i>n</i>	35	35	35	35
<i>R²</i>	0,752	0,780	0,803	0.838*

Nota: * significativo al 10%, ** al 5%, *** al 1%

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Como era de esperar existe un efecto positivo del tamaño de la base de conocimientos sobre la innovación en las cuatro regresiones. De esta manera se confirma la existencia de rendimientos crecientes del conocimiento. Aquellas empresas que cuentan con una mayor espalda de conocimientos biotecnológicos previos, serán más propensas a innovar. Es interesante observar que la dependencia de sendero solo tiene un efecto positivo y significativo al 10% en la primera regresión, en la que no se controlan los efectos sectoriales. Cuando se controlan (ecuación 2 a 4), el efecto de la dependencia de sendero es poco significativo. Luego, si bien la trayectoria previa tiene cierto efecto sobre la probabilidad de innovar, este está asociado a las especificidades del sector de aplicación. La recombinación de conocimientos parece ser un determinante más importante del desempeño innovativo que los procesos de aprendizaje sobre las estructuras previas. 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. Estos resultados son consistentes con los resultados de la sección 4.1, en la cual se sostiene que la biotecnología no se ha consolidado aún como un paradigma estable en la principal aplicación, el sector salud.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

En cuanto al efecto de las estrategias de diversificación y la coherencia de la base de conocimientos, se evidencia que ambas tienen efectos positivos y significativos sobre la innovación. Pero el principal resultado de la estimación es que si bien la diversificación tecnológica tiene un efecto positivo directo sobre la innovación, genera un efecto negativo indirecto al reducir el efecto de la coherencia de la base de conocimientos. Este resultado convalida las apreciaciones de los autores evolucionistas que sostienen que aquellas estrategias tecnológicas conglomerales o de carteras de proyectos no complementarios, solo son sustentables en el marco de un contexto de selección poco exigente.

En resumen, al analizar las estrategias de las empresas pudo apreciarse que las empresas optan por estrategias de diversificación coherente. Solo un subconjunto de empresas alimentarias y de comercialización de granos llevan adelante una estrategia de diversificación conglomeral, con baja coherencia de su base de conocimientos. A fin de evaluar los determinantes de la innovación biotecnológica, se logró comprobar que en un contexto de paradigma tecnológico no consolidado, el tamaño y la coherencia de la base de conocimientos acumulados explican la propensión a innovar. La diversificación tecnológica tiene efectos positivos directos pero puede reducir la coherencia. Por su parte, la dependencia de sendero no evidencia un efecto positivo sobre la innovación. Estos resultados son consistentes en el actual estadio de difusión del paradigma, aún emergente y en constante redefinición.

5. Difusión y perfil de especialización de la base de conocimiento biotecnológico en Argentina y Brasil

A partir de estas consideraciones generales sobre el carácter emergente de las biotecnologías, y su convergencia incompleta en los distintos sectores de aplicación, en esta sección se analizará cual es el grado de difusión y el perfil de especialización de las bases de conocimiento biotecnológico de Argentina y Brasil.

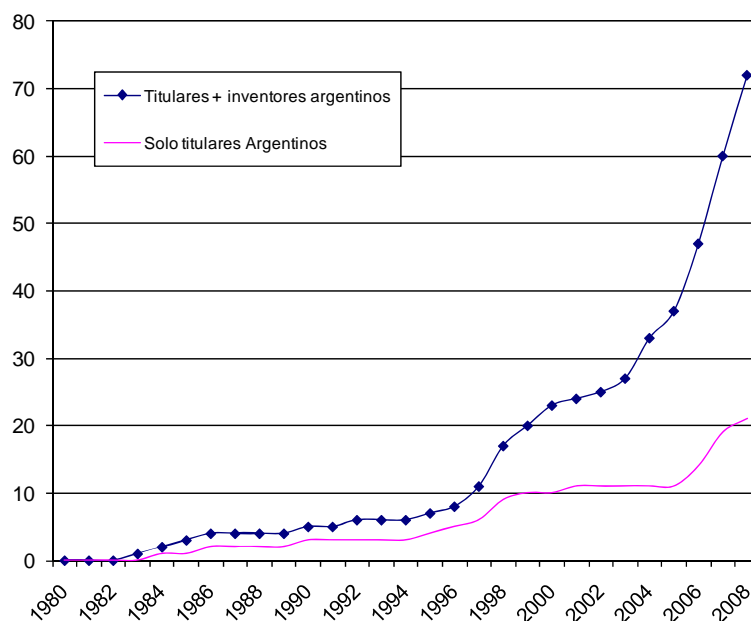
Se comienza por analizar el grado de difusión de las biotecnologías en Argentina y Brasil, para luego discutir cual es el perfil de especialización y las capacidades de apropiación a partir de las ventajas comparativas en cuanto a stocks y a potenciales efectos sistémicos.

5.1. Difusión de la biotecnología industrial en Argentina y Brasil

A fin de analizar el grado de difusión de los conocimientos biotecnológicos en Argentina y Brasil, presentamos en los gráficos 6 y 7, el número de patentes otorgadas en Estados Unidos en las cuales participan inventores de estos países o bien los titulares residen allí. Se considera que una patente en la cual participa un inventor residente en Argentina, independientemente de que la titularidad sea extranjera, implica que un científico u organización argentina cuenta con los conocimientos necesarios para lograr esa invención. La titularidad de la patente no implica necesariamente que el organismo que la detenta posea más conocimientos que quienes intervienen como inventores, sino que ha logrado apropiarse el conocimiento (y las posibles cuasirrentas de su explotación) por razones de asimetrías de capacidades organizacionales, de inversión en el proyecto que dio lugar a la invención o, simplemente, de poder económico presentes en la vinculación. Desde este punto de vista, se considera que la participación como inventores de organizaciones (o individuos) locales en patentes de titularidad extranjera refleja un aumento en stock de conocimientos.

A partir de estas consideraciones generales es posible apreciar en el gráfico N°6 que Argentina recién logra superar la decena de patentes biotecnológicas en la UPSTO recién a mediados de los años '90, momento a partir del cual se produce un aumento de las patentes acumuladas que después de un período de bajo crecimiento en el stock de patentes entre el año 2001 y 2002, retoma un elevado ritmo de crecimiento hasta la fecha alcanzando las 77 patentes. En solo 10 años la Argentina sextuplicó su cantidad de patentes aprobadas en Estados Unidos. Sin embargo, es interesante remarcar el fuerte crecimiento en los últimos 4 años de la serie.

Gráfico N°6. Argentina: Stock de patentes biotecnológicas otorgadas en UPSTO.

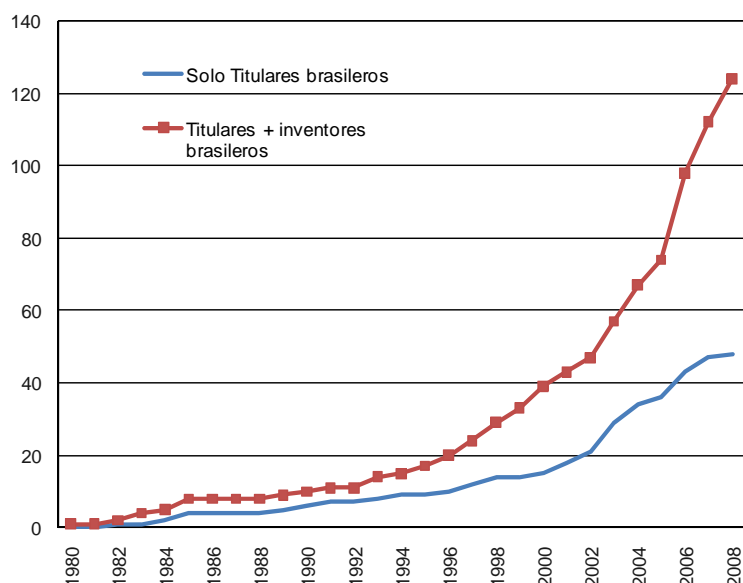


Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

Cuando comparamos esta evolución con la evolución del stock de solo inventores, se evidencia que este sensible aumento en el tamaño de la base de conocimientos estuvo acompañado por un bajo grado de apropiación nacional de estos desarrollos. Esta evolución se encuentra asociada a la inserción de las organizaciones y científicos argentinos en redes internacionales de tecnología. Sin embargo, estas redes muestran altos grados de asimetría que se traducen en la distribución desigual de la propiedad sobre los resultados de la innovación. Esta situación evidencia una suerte de tensión (*trade off*) entre las ventajas de la inserción de las organizaciones y científicos en redes internacionales de conocimiento y la capacidad de apropiar los resultados de la innovación.

Brasil por su parte evidencia un mayor nivel en el stock de patentes que, al igual que en Argentina, se acelera en la primera mitad de los años '90, pero en este caso, no evidencia ninguna interrupción hacia fines de la década. De esta manera pasó de 10 patentes en el año 1990 a cerca de 166 hacia fines del año 2008. Como en Argentina, se acelera el crecimiento en los últimos cuatro años de la serie. Brasil también evidencia una disminución de la participación de las patentes de titularidad nacional a medida que aumenta su base de conocimientos. Sin embargo logra apropiar una mayor parte del conocimiento biotecnológico generado que Argentina, 40% frente al 30% en el año 2008. Esta brecha aumenta significativamente en los últimos 4 años cuando se acelera la acumulación de conocimientos.

Gráfico N°7. Brasil: Stock de patentes biotecnológicas otorgadas en UPSTO.



Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

En resumen, Argentina y Brasil han logrado una importante expansión de su base de conocimientos biotecnológico desde mediados de los años '90. Este proceso viene acompañado de la inserción de las organizaciones locales (empresas e institutos de CyT) en redes internacionales de tecnología. Esta creciente “internacionalización” de la base de conocimientos locales revela un carácter fuertemente asimétrico: los investigadores u organizaciones de CyT locales participan minoritariamente en la propiedad de las invenciones. Cabe interrogarse si el desarrollo local de capacidades y la participación (asimétrica) en estas redes abre oportunidades para la diversificación industrial, en la medida que el perfil de la especialización de la base de conocimientos se concentre en aquellas áreas biotecnológicas, que por su alto grado de centralidad y densidad, puedan jugar un rol clave en la emergencia de nuevos sistemas tecnológicos en los países de la región.

5.2. Ventajas tecnológicas reveladas de la base de conocimientos biotecnológica en Argentina y Brasil.

Las actividades de biotecnología industrial en Argentina y en Brasil muestran desventajas absolutas en términos de conocimientos acumulados y de sus complementariedades. En términos de stocks de conocimientos, tal como lo expresan los indicadores de patentes de titulares e inventores argentinos otorgadas en la oficina de patentes de EEUU, Argentina no supera el 0,5% del stock mundial. Brasil, por su parte alcanza el 1% del stock de conocimiento biotecnológico a nivel mundial.

Al analizar los indicadores de red se revela que Argentina y Brasil cuentan con bases de conocimientos biotecnológicos menos densas y centrales que las mundiales. Argentina presenta un índice de densidad 87% menor a la densidad de las redes mundiales e indicadores de centralidad 30% por debajo de la centralidad de la base de conocimientos de la biotecnología a nivel mundial. Brasil alcanza grados de densidad 48% menores a los mundiales e indicadores de

centralidad 40% menores. Cabe destacar que en ambos casos, es menor la desventaja en términos de centralidad que en la densidad, reflejando una base de conocimientos de carácter relativamente extensivo.

Como se puede inferir de estos indicadores generales, Brasil revela una mayor acumulación de conocimientos y mayores complementariedades entre las distintas áreas biotecnológicas que Argentina. Por su parte, Brasil muestra que los titulares nacionales apropian el 40% de los conocimientos biotecnológicos generados, mientras que en Argentina solo se apropia el 30%. En los siguientes párrafos analizaremos en qué áreas biotecnológicas se especializan Brasil y Argentina, cuales son los efectos potenciales de *spill-overs* y en qué medida estas potencialidades son apropiadas por residentes de la región.

Especialización de la base de conocimientos biotecnológica y grado de apropiación en Brasil

Los indicadores de stock de conocimientos revelan que Brasil cuenta con una especialización relativa en siete actividades biotecnológicas: las preparaciones (formulación) de medicamentos biotecnológicos, en el desarrollo de péptidos, aparatos de enzimología y microbiología, cultivo de líneas y tejidos celulares y genes que codifican proteínas, tecnologías de bioprocuremento y tests biológicos. Como se puede apreciar al comparar este perfil de especialización con el conjunto de biotecnologías clave identificadas en la sección 4.2.2, entre las áreas biotecnológicas que Brasil ha desarrollado capacidades, las tecnologías bioprocuremento son las únicas que constituyen áreas clave comunes para el desarrollo de las distintas actividades de biotecnología industrial. Su perfil de especialización biotecnológico se encuentra sesgado, al igual que en el caso de Argentina, hacia las biotecnologías clave necesarias para las aplicaciones de salud.

Cuadro N°13. Base de conocimientos biotecnológicos de Brasil: ventajas competitivas (VC), patrón de especialización (VCR) y grado de apropiación local, según campo biotecnológico

	VC STOCK (TIT+INV)	VCR STOCK (TIT+INV)	VC DENS (TIT+INV)	VC CENTR (TIT+INV)	VCR DENS (TIT+INV)	VCR CENTR (TIT+INV)	Aprop Nac [TIT/(TIT+INV)]
Procesos modificación de genotipos	0,5%	0,5	14%	0%	0,3	0,0	0%
Técnicas de cultivo de tejidos vegetales	-	-	-	-	-	-	-
Preparaciones medicinales	1,8%	1,6	83%	18%	1,6	0,3	34%
Biorremediación	-	-	-	-	-	-	-
Péptidos	1,6%	1,4	70%	0%	1,4	0,0	41%
Aparatos para enzimología o microbiología	1,5%	1,3	75%	42%	1,4	0,6	0%
Micro-organismos	1,0%	0,9	44%	15%	0,8	0,2	64%
Lineas celulares y tejidos	1,5%	1,3	54%	46%	1,0	0,7	33%
Enzimas	0,8%	0,7	41%	23%	0,8	0,4	38%
Ingeniería genética general	0,7%	0,6	32%	8%	0,6	0,1	36%
Genes que codifican proteínas de plantas y de microbios	1,5%	1,3	58%	33%	1,1	0,5	67%
Genes que codifican enzymes or proenzymes	0,4%	0,4	27%	38%	0,5	0,6	33%
Bioprocuremento	1,2%	1,0	56%	25%	1,1	0,4	65%
Medición o testéo biológicos	1,1%	1,0	68%	42%	1,3	0,6	38%

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”.

En cuanto a los indicadores de red, las áreas biotecnológicas que definen el perfil de especialización de la base de conocimientos de Brasil en términos de stock, reflejan complementariedades localizadas. Esto es por un lado, estas áreas biotecnológicas revelan altos niveles de densidades relativas, y por el otro, un bajo nivel de centralidad relativa. La especialización biotecnológica de Brasil se caracteriza por el desarrollo relativo de ciertas áreas biotecnológicas incipientes, que mantienen una alta densidad comparativa de complementariedades, aunque acotadas a un conjunto reducido de otras biotecnologías. Esta es una característica de las tecnologías en su etapa de emergencia, en la cual las complementariedades no se extienden más allá de las tecnologías más próximas en la base de conocimientos.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Cabe interrogarse si las áreas biotecnológicas en las cuales Brasil se especializa son apropiadas nacionalmente, o si por el contrario son titularidad de no residentes. Puede apreciarse que en los campos en los que Brasil se especializa, solo en el caso de genes que codifican proteínas y bioprosesamiento predominan los titulares brasileros. Esto es coincidente con el impulso de proyectos de bioprosesamiento y de genómica a partir del Estado. En contraste, en el caso de preparaciones medicinales, péptidos, aparatos de enzimología y microbiología, líneas celulares y tejidos, y medición y testeo biológico, la base de conocimiento y los potenciales *spill-overs* no pertenecen a titulares brasileros. Esto significa que si bien distintas instituciones y científicos brasileros han participado en el proceso de invención, esto no se ha reflejado en una participación en la propiedad de los mismos.

Especialización de la base de conocimientos biotecnológica y grado de apropiación en Argentina

Al analizar el posicionamiento competitivo y la especialización de la base de conocimientos según los distintos campos biotecnológicos, podemos apreciar que en comparación con Brasil, Argentina muestra una menor variedad de áreas con especialización relativa. En términos de stocks existen solo tres áreas biotecnológicas en las que el país muestra ventajas tecnológicas reveladas. Además de las tecnologías de formulación de medicamentos a partir de API biotecnológicos en los que el país se especializó tempranamente, cabe destacar las capacidades relativas acumuladas en el desarrollo de péptidos y aparatos de enzimología o microbiología. Esto indica por un lado, que de las áreas clave para el desarrollo de las distintas aplicaciones de biotecnología industrial, Argentina no se especializa en ninguna de ellas. Sin embargo, presenta un perfil de especialización con una mayor coherencia con el desarrollo de la biotecnología de salud, en la cual las preparaciones medicinales y los péptidos se encuentran entre las áreas biotecnológicas de mayor centralidad y densidad a nivel mundial (ver sección 4.2.2).

Cuadro N°14. Base de conocimientos biotecnológicos argentina: ventajas competitivas (VC) , patrón de especialización (VCR) y grado de apropiación local, según campo biotecnológico.

	VC STOCK (TTT+INV)	VCR STOCK (TTT+INV)	VC DENS (TTT+INV)	VC CENTR (TTT+INV)	VCR DENS (TTT+INV)	VCR CENTR (TTT+INV)	Aprop Nac [TTT/(TTT+INV)]
Procesos modificación de genotipos	0,0%	0,0	0%	0%	0,0	0,0	20
Técnicas de cultivo de tejidos vegetales	0,0%	0,0	0%	0%	0,0	0,0	75
Preparaciones medicinales	1,3%	2,8	30%	55%	2,3	0,7	28
Biorremediación	0,0%	0,0	0%	0%	0,0	0,0	0
Péptidos	0,5%	1,0	14%	25%	1,1	0,3	20
Aparatos para enzimología o microbiología	0,5%	1,1	15%	8%	1,2	0,1	100
Micro-organismos	0,4%	0,8	13%	31%	1,0	0,4	30
Lineas celulares y tejidos	0,1%	0,3	4%	8%	0,3	0,1	0
Enzimas	0,4%	0,9	11%	46%	0,9	0,6	0
Ingeniería genética general	0,3%	0,7	13%	38%	1,0	0,5	33
Genes que codifican proteínas de plantas y de microbios	0,3%	0,6	9%	25%	0,7	0,3	0
Genes que codifican enzymes or proenzymes	0,0%	0,0	0%	0%	0,0	0,0	0
Bioprosesamiento	0,3%	0,7	12%	50%	1,0	0,7	33
Medición o testeo biológicos	0,4%	0,8	9%	58%	0,7	0,8	55

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina".

En cuanto a los indicadores de red, se puede apreciar que si bien en términos absolutos la Argentina no aprovecha las potencialidades sistémicas de la biotecnología, existen áreas en las cuales existe un potencial relativo de *spill-overs* mayor que a nivel mundial: por un lado actividades en las cuales también cuenta con una especialización en términos de stock (la formulación de medicamentos, el desarrollo de péptidos, aparatos de microbiología) y otras en las cuales si bien no tiene una especialización relativa en términos de stocks, refleja potencialidades de efectos sistémicos (microorganismos, ingeniería genética y bioprosesamiento). Estos campos son los que muestran mayor intensidad de

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.

Proyecto "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" CEUR-CONICET

complementariedades, aunque los mismos son incipientes y localizados a ciertas áreas (alta densidad y baja centralidad). Estas son áreas, que en caso de profundizarse, pueden generar efectos sistémicos localizados.

Cuando se tiene en cuenta cual es la capacidad de aprovechar localmente estas potencialidades, puede apreciarse que son pocos los campos en los cuales las patentes son de titularidad de empresas, organismos o investigadores argentinos. Existe una suerte de tensión entre la inserción en redes internacionales y redes locales. El sistema científico local se inserta en redes internacionales, a través de científicos o instituciones locales, lo cual abre la potencialidad de *spill-overs*, pero no muestra capacidad de apropiar las externalidades que genera.

En resumen, Argentina y Brasil muestran una participación limitada en la capacidad de generar conocimientos biotecnológicos a nivel internacional, tanto por su bajo stock en relación a los niveles internacionales como en sus efectos sistémicos. Brasil se caracteriza por una mayor diversificación de su perfil de especialización biotecnológico que Argentina. Pero en ninguno de los dos casos el perfil de especialización integra el conjunto de biotecnologías clave para la expansión de las cuatro aplicaciones industriales (salud, enzimas, biopolímeros, ingredientes alimentarios), existiendo una mayor coherencia con la base de conocimientos de salud. Las posibles complementariedades y *spill-overs* a partir de esta especialización son localizados, mostrando el carácter aún emergente de la base de conocimientos. El bajo grado de apropiación local de estas áreas revela que las posibilidades incipientes de converger hacia la base de conocimientos internacional se encuentra condicionada por las decisiones de los centros de acumulación a nivel mundial, que detentan la titularidad de las patentes. No obstante Brasil, a diferencia de Argentina, muestra una especialización relativa en áreas en las cuales logra un alto grado de apropiación nacional - bioprocesamiento y genes que codifican proteínas- áreas biotecnológicas que son centrales y densas en varias aplicaciones industriales.

6. 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 inter-sectorial de estas tecnologías, no existe 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 períodos ni según 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, existe 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 años '80 y '90, a partir del nuevo milenio vuelve a generarse un proceso de diferenciación. Proceso que se encuentra asociado a la continua renovación de la base de conocimientos. Las oportunidades biotecnológicas en el sector salud son las que muestran un mayor crecimiento, que no llega a consolidarse cuando aparece otra fase de expansión asociada a nuevos avances en la frontera de CyT, divergiendo nuevamente de la base de conocimiento de las otras industrias. A pesar de esta continua renovación de las oportunidades científicas, en todos los casos se evidencia una alta dependencia de sendero respecto a la estructura de la base de conocimientos pasada. Situación que refleja la alta acumulatividad del conocimiento en estas empresas, que modifican sus bases de conocimientos en forma no aleatoria, condicionadas por sus capacidades previas.

En el marco de la mencionada tendencia a la convergencia, existen ciertos campos biotecnológicos que evidencian una alta densidad y centralidad en todas las industrias. Entre ellos se destaca el conocimiento generado sobre los microorganismos que funcionan como sistemas de expresión de los nuevos procesos, las biotecnologías de soporte como es el caso de la ingeniería genética y el bioprocesamiento. Dada la divergencia del sector salud frente a los otros sectores en sus bases de conocimientos, este muestra tecnologías densas y centrales específicas que en los otros sectores no son fuente de efectos sistémicos mayores.

Por su parte, se confirman las tesis de la literatura evolucionista que sostiene que no existe una relación biunívoca entre diversificación productiva y diversificación 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 explica el mejor desempeño innovativo de las empresas líderes en biotecnología y que la diversificación puede tener un efecto negativo sobre dicha coherencia. El carácter aún emergente del paradigma muestra que la dependencia de sendero no juega un rol central en el ritmo de innovación, existiendo aún posibilidades de entrada de empresas (países) rezagadas.

En este sentido se indagó sobre el grado de adopción y el tipo de especialización de la base de conocimientos biotecnológicos de Argentina y Brasil. Argentina y Brasil en forma conjunta representan solo el 1,5% del stock mundial de conocimientos, y su especialización no incluye ciertas áreas biotecnológicas que por su centralidad y densidad, son fuente de mayores efectos sistémicos. Este es el caso de la ingeniería genética, enzimas y micro-organismos. No obstante ello, los dos países han logrado especializarse en ciertas áreas biotecnológicas consistentes con la base de conocimientos del sector salud (preparaciones medicinales, aparatos de microbiología). Esta especialización en términos de stocks coincide con ventajas comparativas en la generación de *spill-overs*, aunque localizados en ciertas áreas de la red de conocimientos. Esto permite sostener que una política de CyT que busque aprovechar las oportunidades abiertas por las nuevas biotecnologías requiere apoyar tanto la acumulación de conocimientos biotecnológicos en áreas clave con fuertes *spill-overs*, así como fomentar una mayor conectividad de las redes, haciendo que los efectos localizados de red se extiendan al conjunto de las áreas biotecnológicas.

Estas políticas deberían ser acompañadas de un apoyo desde el Estado que incluya desde el desarrollo de grandes programas de frontera en las áreas clave a nivel internacional, como lo muestra el caso de las biotecnologías de procesamiento y de genómica en Brasil, y una política que promueva la apropiación nacional de los resultados de los esfuerzos locales de I&D. En ambos países a medida que se acelera en los últimos años la acumulación de conocimientos y capacidades biotecnológicas, disminuye el grado de apropiación de las mismas por los investigadores y organizaciones nacionales.

7. Bibliografía

Andersen, B., (2000) "Technological change and the Evolution of Corporate Innovation: the structure of patenting" Edward Elgar, Chetenham.

Brusoni, Stefano; Prencipe, Andrea y Pavitt, Keith. "Knowledge Specialization and the Boundaries of the Firm: Why Do Firms Know More Than They Do?" *Presented at the conference Knowledge Management: Concepts and Controversies, Warwick University, Warwick, 10-11 February, 2000.*, 2000.

_____. "Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: Why Do Firms Know More Than They Make?" *Administrative Science Quarterly*, 2001, 46(4), pp. 597-621.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina" CEUR-CONICET

- Cantwell, John y Fai, Felicia. "Firms as the Source of Innovation and Growth: The Evolution of Technological Competence." *Journal of Evolutionary Economics*, 1999, 9(3), pp. 331-66.
- Commission, US International Trade. "Industrial Biotechnology: Development and Adoption by the U.S. Chemical and Biofuel Industries," 2008, 332-481.
- Dosi, Giovanni. "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation." *Journal of Economic Literature*, 1988, 26(3), pp. 1120-72.
- Fai, Felicia y VonTunzelmann, Nicholas. "Industry-Specific Competencies and Converging Technological Systems: Evidence from Patents." *Structural Change and Economic Dynamics*, 2001, 12(2), pp. 141-70.
- Freeman, Christopher y Perez, Carlota. "The Diffusion of Technical Innovations and Changes in Techno-Economic Paradigm," *Conference on innovation diffusion*. DAEST, Universidad de Venecia, 1986.
- _____. "Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour," G. Dosi, *Technical Change and Economic Theory*. 1988,
- Griliches, Zvi. "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey." *Journal of Economic Literature*, 1990, 28(4), pp. 1661-707.
- Pavitt, Keith. "Technologies, Products and Organization in the Innovating Firm: What Adam Smith Tells Us and Joseph Schumpeter Doesn't." *Industrial & Corporate Change*, 1998, 7(3), pp. 433-52.
- Pisano, Gary P. "The Governance of Innovation: Vertical Integration and Collaborative Arrangements in the Biotechnology Industry," E. R. C. I. L. o. C. W. i. Economics, *The Economics of Biotechnology. Volume 2*. Cheltenham, U.K. and Northampton, Mass.: Elgar, 2006,
- Ramani, Shyama V. y De Looze, Marie-Angele. "Using Patent Statistics as Competition Indicators in the Biotechnology Sectors: An Application to France, Germany and the U.K." *Scientometrics*, 2002, 54(3), pp. 319-46.
- Saviotti, Pier Paolo. "The Knowledge-Base of the Firm in Biotechnology Based Sectors: Properties and Performance." *Rvista Brasileira de Inovacao*, 2002, pp. 129-66.
- Teece, David J.; Rumelt, Richard; Dosi, Giovanni y Winter, Sidney. "Understanding Corporate Coherence. Theory and Evidence." *Journal of Economic Behavior and Organization*, 1992, 23, pp. 1-30.

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET

Cuadro A.1. Biotecnología industrial: Evolución del ranking de tecnologías según aplicación. 1980-2009

	Enzimas			Biofarma			Biopolímeros			Ingr. alimentarios			Total Industrias 2000-2009
	1980-1989	1990-1999	2000-2009	1980-1989	1990-1999	2000-2009	1980-1989	1990-1999	2000-2009	1980-1989	1990-1999	2000-2009	
Micro-organismos	2	1	1	4	4	4	2	1	1	2	1	1	1
Péptidos	5	5	5	2	1	1	3	4	5	6	6	6	2
Ingeniería genética general	9	4	3	6	5	5	7	2	2	5	4	4	3
Bioprocesamiento	1	2	4	5	7	6	5	6	4	1	2	2	4
Enzimas	3	3	2	7	6	7	8	5	3	4	3	3	5
Medición o tests biológicos	6	8	7	1	2	3	1	3	10	7	8	7	6
Preparaciones medicinales (antibiot, vitaminas, hormonas)	4	6	10	3	3	2	4	7	12	3	7	8	7
Líneas celulares y tejidos vegetales	10	9	8	8	8	8	9	10	8	11	9	9	8
Genes que codifican enzimas o proenzimas	11	7	6	11	9	10	12	11	9	8	5	5	9
Genes que codifican proteínas	12	11	9	10	11	11	13	9	6	12	11	10	10
Procesos para modificación de genotipos	13	13	12	13	13	14	11	8	7	13	14	12	11
Aparatos para enzimología o microbiología	8	10	11	9	10	9	6	12	13	9	10	11	12
Reproducción de plantas por cultivo de tejidos	14	14	14	14	14	13	14	14	11	14	12	14	13
Técnicas de biorremediación	7	12	13	12	12	12	10	13	14	10	13	13	14

Fuente: Elaboración a partir de base de proyecto PICT 1833 "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina"

Convergencia tecnológica, redes de conocimiento y estrategias de las grandes empresas multinacionales de biotecnología industrial: abordaje desde indicadores de patentes.
Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET