

“Naturaleza y velocidad de la difusión del conocimiento tecnológico en el sector bio-farmacéutico de América Latina. un análisis de patentes de Argentina, Brasil y México”

Alenka Guzmán¹, Edgar Acatitla y Karina Maldonado Carbajal²

RESUMEN

Los diferentes patrones de difusión del conocimiento tecnológico que adoptan los países han sido identificados como factor clave para explicar las diferentes dinámicas de crecimiento económico entre países (Rogers, 2003). Los historiadores económicos identifican el papel clave de la absorción y la difusión del conocimiento tecnológico en el crecimiento económico (Rosenberg, 1982). En el marco de la economía del conocimiento y los estudios empíricos, en esta ponencia nos proponemos analizar la naturaleza y la velocidad de la difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos generados en el sector bio-farmacéutico de Argentina, Brasil y México de 1980 a 2013 hacia otros países. Consideramos a este sector crucial para el desarrollo de nuevos medicamentos y el fortalecimiento de los sistemas de salud. Nuestra investigación confirma que la presencia de firmas influye positivamente en la probabilidad de difundir el nuevo conocimiento tecnológico generado por los tres países. Sin embargo, debido al limitado número de patentes, y particularmente de patentes citadas, el tamaño del equipo de los inventores y el esfuerzo institucional (universidades e institutos de investigación) aún no juegan una influencia significativa en la probabilidad de difusión de las invenciones en el sector farmacéutico.

Palabras clave: difusión tecnológica, cita de patentes, industria biofarmacéutica, Argentina, Brasil y México

¹ Profesora de la UAM – Iztapalapa México / Alenka.uami@gmail.com

² Alumnos del Doctorado en Estudios Sociales, Línea Economía Social UAM – Iztapalapa / eacatitla@gmail.com - karinamaldonadoc@gmail.com

Introducción

El propósito de esta ponencia es analizar la naturaleza y la velocidad de la difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos generados en el sector bio-farmacéutico de Argentina, Brasil y México de 1980 a 2013 hacia otros países con base en el análisis de cita de patentes hacia adelante. En particular, nos interesa responder las siguientes interrogantes: ¿Cuál es la probabilidad de que las patentes concedidas en el sector bio-farmacéutico en USPTO de Argentina, Brasil y México sean difundidas (citadas por otras patentes)? ¿Cuáles son los factores que explican la probabilidad de que las patentes de México, Argentina y Brasil en el área bio-farmacéutica sea difundidas (citada por otras patentes)? ¿Cuál es la velocidad de propagación de innovaciones de estos países para generar a su vez nuevos conocimientos tecnológicos en esta área?

En un sentido amplio la difusión del conocimiento permite propagar en tiempo y en espacio: ideas, patrones de cultura, prácticas y modelos institucionales, métodos de producción y nuevos productos y servicios, entre otros. La difusión de cada uno de estos aspectos es analizado desde diferentes campos del conocimiento científico y tecnológico con metodologías específicas. Sin embargo, todas las disciplinas científicas comparten preocupaciones comunes: conocer cuáles son los factores que influyen en la propagación de estos aspectos, cómo interactúan los factores y su efecto en la tasa de difusión. Esto involucra un esfuerzo por construir propuestas teóricas y empíricas para medir estas cuestiones de la difusión (Gomulka, 1990).

En el proceso de innovación tecnológica, la difusión adquiere una relevancia fundamental porque en la medida en que se propaga espacialmente el uso de nuevos productos (en regiones, países, habitantes) y se adoptan nuevas técnicas de producción (en sectores productivos). En esa medida, el progreso tecnológico empieza a instalarse en las diferentes regiones y países. Su extensión internacional va destruyendo paulatinamente las viejas tecnologías. Tal como lo refiere la idea schumpeteriana de la destrucción creadora (Aghion & Howitt, 1983).

La industria farmacéutica tiene una particular relevancia para el bienestar de la población de todos los países. El descubrimiento y el desarrollo de nuevas moléculas terapéuticas, su producción industrial y su disponibilidad en el mercado de los diferentes

países es crucial para la cura de diferentes enfermedades y la reducción de las tasas de mortalidad en los países, lo cual implica la difusión y la adopción de las novedades médicas. Sin embargo, en los países menos desarrollados económicamente se registran altas tasas de mortalidad y el consumo de medicamentos es notablemente inferior al de países desarrollados. Además, existen algunas enfermedades locales, para las cuales aún no han sido desarrollados medicamentos terapéuticos o existen restricciones al acceso de los nuevos medicamentos. En algunos casos, aquellos países que no han desarrollado una industria farmacéutica local, se depende totalmente de la importación de medicamentos. Así, los precios monopólicos u oligopólicos impiden a la población enferma acceder a los medicamentos. En tal caso, la difusión y la utilización de las novedades es limitada. En otros casos, los países tienen una industria local con relativas capacidades de producción de medicamentos al menudeo pero son aun dependientes de la importación de moléculas, o también de los medicamentos finales, al carecer de capacidades de investigación y desarrollo de moléculas. Finalmente, algunos países como Argentina, Brasil y México han desarrollado algunas capacidades tecnológicas y de innovación, aunque todavía con enormes brechas con respecto a los países industrializados, cuyas industrias farmacéuticas poseen fuertes capacidades de innovación, de producción y de oferta de sus novedades terapéuticas (Guzman, 2014).

No obstante que la actividad inventiva en la industria bio-farmacéutica de los tres países latinoamericanos es reducida, hay capacidades inventivas y algunas de ellas de relevancia. En tal sentido, nos interesa estimar la probabilidad de que las patentes, fruto de la investigación y el desarrollo de firmas, instituciones o individuos, sean difundidas y analizar cuáles son los probables factores que estarían explicando su difusión.

Aunque existen estudios sobre la innovación local en la industria farmacéutica de Argentina, Brasil y México, poco se ha abordado sobre la naturaleza de su difusión. El análisis de este fenómeno nos daría cuenta de cómo las novedades en el campo bio-farmacéutico tienen impacto en otras latitudes y como se explicaría la velocidad de su difusión. Esto tendría un impacto de retorno en la medida en que los agentes que innovan estarían interactuando con aquellos agentes nacionales e internacionales que reconocen la importancia de la invención y la citan cuando generan otra invención.

Este trabajo se fundamenta en diversas contribuciones teóricas y empíricas sobre la

innovación y la difusión del conocimiento tecnológico innovación. Particularmente, se retoman los estudios que han reconocido la importancia de las patentes como fuente sistematizada y completa de la información tecnológica para estudiar la trayectoria de las innovaciones (Schmooker, 1962), la naturaleza de las mismas (Grilliches 1984; Jaffe y Trajtenberg, 2002), los flujos de conocimiento tecnológico (Jaffe y Trajtenberg, 2002) y, en específico, los flujos de países desarrollados a países en desarrollo (Hall. et al., 2001a; Hu y Jaffe, 2003), la importancia de las invenciones y su valor comercial (Criscuolo, Narula y Verspagen, 2001; Hall, Jaffe y Trajtenberg, 2001a), entre otros. Reconociendo el potencial que ofrecen los datos de las patentes para estudiar diferentes problemas de investigación relativos al proceso de innovación, y la difusión como parte de ese proceso, esta investigación propone un modelo econométrico de tipo Poisson para analizar los factores que influyen en la difusión de las invenciones generadas por Argentina, Brasil y México de 1980-2013 mediante la cita de patentes, con base en la información de las patentes concedidas por USPTO a agentes de estos tres países.

Se suscribe como hipótesis que considerando a la cita de patentes hacia adelante (*forward patent citation*) como una variable *proxy* de la difusión de las innovaciones de mayor valor tecnológico, se espera que esta mayor difusión en el área biofarmacéutica de Argentina, Brasil y México se asocie positivamente con las siguientes variables: innovación radical, número de reivindicaciones (*claims*), índice de generalidad, patentadas en varias oficinas, la cooperación tecnológica (co-patentes), el tamaño del equipo de los inventores, la movilidad de los inventores (presencia de inventores extranjeros), la relación con el sector académico (número de citas de artículos científicos), el esfuerzo del sector estatal (institucional) en la innovación en el campo biofarmacéutico (número de patentes por universidades e institutos de investigación en biopharma), la participación de empresas (patentes de empresas), el menor tiempo con la que las patentes de América Latina son citan patentes (*forward patent citation*).

Así también, sostenemos que el menor rezago de difusión depende de un mayor esfuerzo en I+D, de la capacidad de absorción del nuevo conocimiento tecnológico, la eficiencia de los SNI, el capital humano especializado y la cooperación tecnológica entre agentes de cada país. Sin embargo, esta hipótesis no será probada en esta investigación.

La ponencia tiene cuatro secciones. En la segunda se exponen los principales

conceptos de la difusión tecnológica y la forma en cómo ha sido estudiada y los trabajos empíricos que anteceden a la investigación. En la tercera se expone el modelo propuesto. En la tercera se da cuenta de los resultados y se analizan. Finalmente se presentan las conclusiones.

II. ANTECEDENTES TEÓRICOS Y EMPÍRICOS

De acuerdo con la definición de la OCDE “la difusión de la tecnología es el proceso en el que los conocimientos y las competencias técnicas se expanden y se asimilan en el conjunto de la economía, y ella cubre todas las acciones a nivel de la empresa o de la organización para explotar las ventajas económicas de una innovación” (OCDE, 1996, p. 18) Se distinguen dos tipos de difusión de la tecnología: i) la difusión de la tecnología incorporada en los equipos y ii) la difusión de la tecnología no incorporada. La primera, “describe cómo el proceso de difusión de las innovaciones se difunden en el seno de la economía mediante la compra de maquinaria, componente y otros equipos de alta intensidad tecnológica” (OCDE, 1992, p. 52) La segunda, se refiere a las vías de difusión de la tecnología de y del conocimiento tácito, el cual difiere de la adquisición de máquinas y equipos.

La difusión del conocimiento científico y tecnológico está estrechamente ligado a su naturaleza. El conocimiento en tanto bien económico producido por el sector de investigación y desarrollo (I+D) posee características diferentes a otros bienes económicos. El conocimiento tiene por característica de ser un bien no rival, exclusivo y acumulativo (Romer, 1990). La no rivalidad se expresa por el hecho de que el conocimiento puede ser utilizado al mismo tiempo por varios individuos. Pero al mismo tiempo es exclusivo porque el propietario del nuevo conocimiento puede limitar su acceso mediante los derechos de propiedad intelectual. Así también, es acumulativo porque el valor del conocimiento no disminuye cuando se utiliza, por el contrario, se incrementa; ciertos conocimientos pueden ser fácilmente transferidos hacia los distintos agentes económicos, mientras que los otros son tácitos y se expresan a través de los agentes individuales y colectivos (Lundvall, 1992, p. 18). Por esta razón, una cadena de innovaciones precede a cada innovación. La no rivalidad y la exclusividad implican un doble carácter y contradictorio de los conocimientos: el carácter público y el carácter privado, cuestión que tiene una influencia en la manera en que los nuevos conocimientos se derraman.

Los conocimientos científicos, producto de la investigación de las ciencias puras realizadas por las universidades y las instituciones de estudios superiores son bienes del orden público constituyen un patrimonio de dominio público y por tanto, el beneficio el beneficio se ubica en el ámbito social. Pero la difusión de los nuevos conocimientos, productos o procesos generados en los laboratorios de I+D de las empresas pueden ser protegidos o limitados en su uso por la vía de la legislación de propiedad intelectual vigente.³

La sociedad obtiene cuatro clases de beneficios derivados de la concesión temporal de los derechos monopólicos, a través de las patentes: los estímulos para la innovación privada, el uso del nuevo conocimiento para la actividad productiva, la diseminación del nuevo conocimiento y los estímulos de innovación a otras empresas (Scherer, 2005).

Conforme a esta lógica, el grado y el ritmo de difusión están ligados a los márgenes y al monto de beneficio esperado de la parte del empresario y en añadidura, al marco institucional (legislaciones, reglamentaciones gubernamentales, etc.) que favorece u obstaculiza a su desarrollo.

Entre los canales de difusión de la tecnología no incorporada⁴ están: las licencias de patentes de productos o procesos industriales, servicios de consultoría y capacitación para el uso de tecnologías, subcontratación de I+D (transmisión del conocimiento tácito), que permiten el desarrollo de habilidades técnicas y tecnológicas (Veugelers y Cassiman, 1999; Grandstrand et al., 1992; Henderson et al., 1998; Cockburn and Henderson, 2001).

En este proceso de difusión de los nuevos hallazgos científicos y tecnológicos, los investigadores (ingenieros, técnicos, etc.) de I+D desempeñan un papel muy importante, dependiendo de sus capacidades de absorción (Levin et al, 1987,) y de las redes de conocimiento que se establecen mediante diversos medios (movilidad laboral, asistencias a congresos). La derrama del conocimiento tecnológico hace posible que los investigadores puedan efectuar, la ingeniería a la inversa, la estrategia imitativa, para desarrollar la innovación. En tal sentido, la información publicada en

³ En la medida en que la firma ejerce la propiedad y exclusividad de la invención-innovación, se obtiene una ganancia o renta monopólica, lo cual hace que la innovación de la innovaciones esté condicionada de acuerdo a las características muy particulares de los sistemas de propiedad intelectual (Scherer, 2005 y Maskus, 2000)

⁴ Este tipo de difusión es conocida como transferencia tecnológica, mediante la cual las firmas adoptan las nuevas tecnologías.

las patentes puede ser una fuente importante de difusión tecnológica tanto para una estrategia imitativa como para una de innovación radical.

III: Modelo de difusión

Fuente de datos

Se consultaron 171 patentes concedidas por la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés) a Argentina, Brasil y México durante el periodo 1980-2013 en las clases 514 y/o 424 y también 800 y/o 435.⁵ De las cuales 23 corresponden a Argentina, 89 a Brasil y 59 a México.

Las variables del modelo propuesto se obtuvieron a partir de los datos contenidos en las patentes son: número de la patente, año de la solicitud, año de la concesión, resumen de la patente, reivindicaciones de novedad, nombre y nacionalidad de la patente, nombre y nacionalidad de los inventores, citas que hace la patente, citas hechas por otra (s) patente (s), referencias bibliográficas, clases tecnológicas en las que se reconoce la novedad.

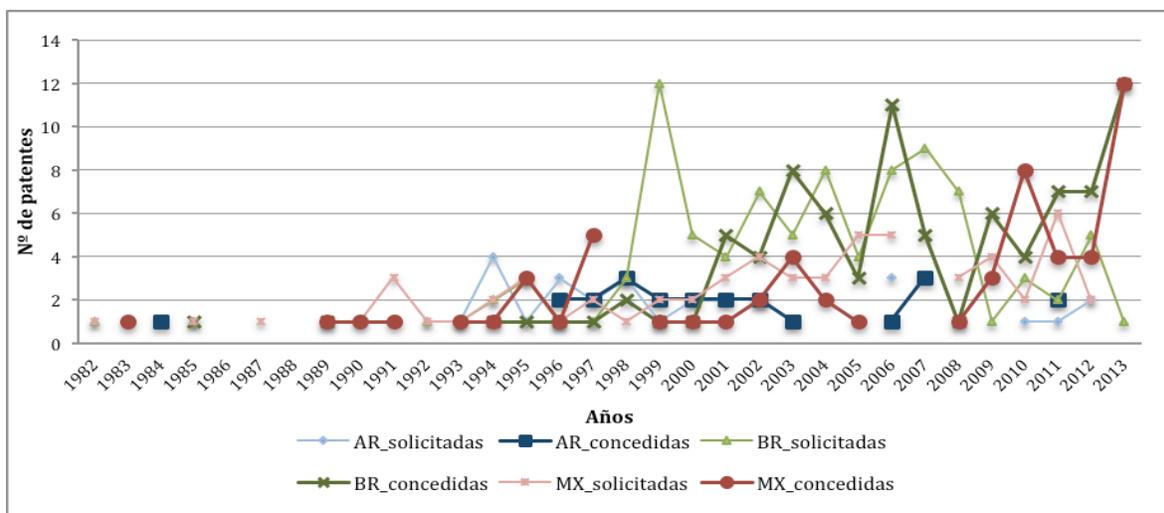
En términos de patentes se considera que el número de éstas concedidas en una oficina de patentes en el exterior (USPTO, EPO, WIPO) entre el total de patentes concedidas en la oficina local refiere a la tasa de difusión tecnológica. En especial para países emergentes o en desarrollo este coeficiente es generalmente bajo, lo cual indicaría una baja tasa de difusión de las innovaciones a nivel internacional. No obstante lo anterior, nos interesa estudiar cómo aquellas patentes que han sido otorgadas en otras oficinas internacionales, como la USPTO, logran tener una difusión mayor al reconocerse el valor de la invención por otras patentes, mediante la cita hacia adelante. Elegimos la USPTO debido a las siguientes razones: i) porque Estados Unidos es el mercado tecnológico más importante; ii) por la importancia que tiene el mercado bio-farmacéutico de Estados Unidos y el liderazgo de este país en la innovación. Además que homogeneizamos para los tres países el marco institucional del patentamiento al reconocer una sola oficina de patentes, es decir la USPTO.

⁵ La clase 514 corresponde a medicamentos y compuestos para el tratamiento biológico e infecciones corporales y drogas; la 424 a composiciones con efectos biológicos y tratamiento del cuerpo; en las clase 800 y 435 se ubican las invenciones de biotecnología.

La actividad inventiva en Argentina, Brasil y México, 1980-2013

Durante el período de análisis, 1980-2013, los titulares argentinos tuvieron la menor participación, solicitaron 27 patentes y en el mismo período se otorgaron 23 patentes a titulares argentinos. Para el caso de Brasil, fueron solicitadas 95 patentes y concedidas 89 patentes. Para México, se solicitaron 63 y se otorgaron 59 patentes. Aunque con una tendencia creciente, los tres países están lejos de registrar el número de patentes concedidas en el área de bio-farmacéutica que registran países industrializados o emergentes de Asia.

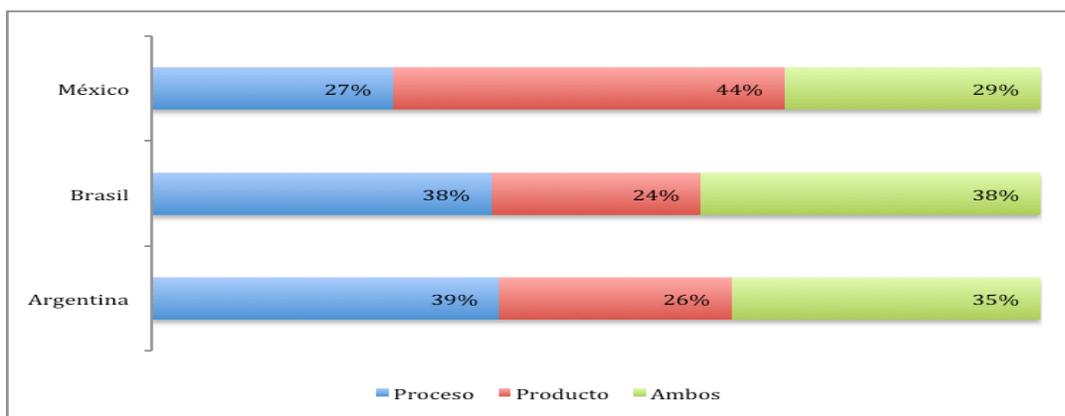
Gráfico 1: Patentes solicitadas y concedidas a Argentina, Brasil y México por USPTO en el área bio-farmacéutica, 1980-2013



Fuente: USPTO, clases 514 y/424 y 800 y/o 435.

De acuerdo a la información proporcionada en el resumen y en las reivindicaciones de novedad clasificamos las invenciones de producto o proceso o ambas. En el caso de México tienen mayor relevancia las de producto. En cambio, Argentina y Brasil, las de proceso y conjuntamente proceso y producto tienen mayor importancia.

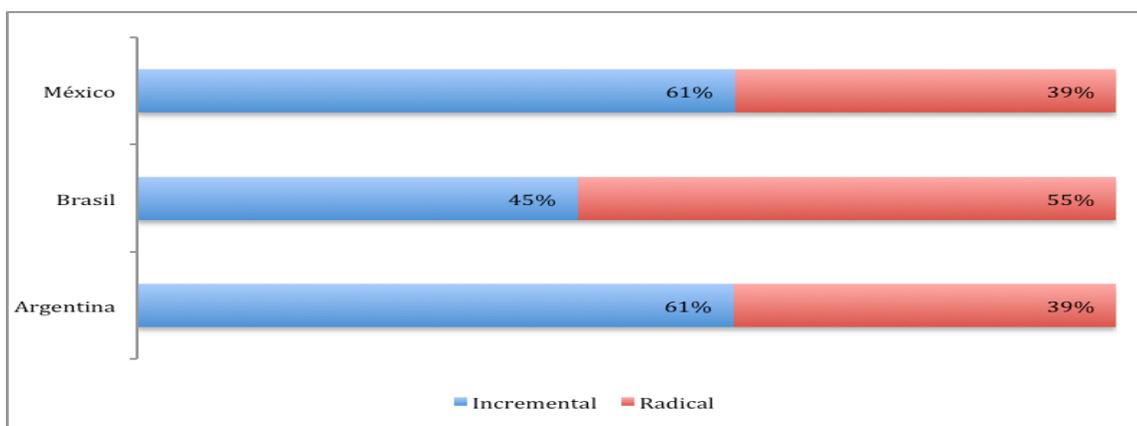
Gráfico 2: Distribución de patentes concedidas a Argentina, Brasil y México en el área bio-farmacéutica por producto y proceso, 1980-2013



Fuente: USPTO, clases 514 y/424 y 800 y/o 435.

En relación a las invenciones radicales o incrementales⁶, detectamos que las invenciones de Argentina y México son mayormente incrementales, lo cual se vincula a estrategias imitativas de la industria farmacéutica local. Sorprende Brasil con un porcentaje mayor de invenciones radicales, que probablemente se asocie a la diversidad de su reserva ecológica y al esfuerzo realizado en I+D.

Gráfico 3: Distribución de patentes concedidas a Argentina, Brasil y México de bio-farmacéutica por tipo de innovación. 1980-2013



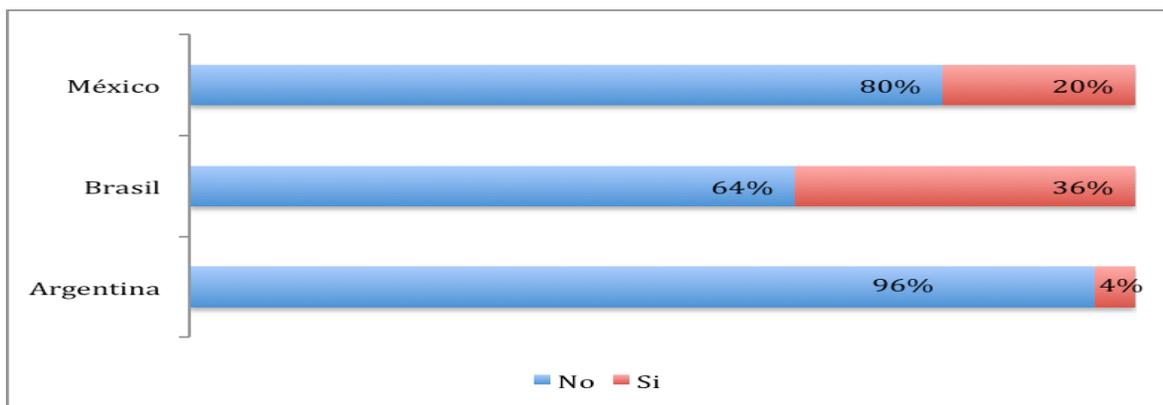
Fuente: USPTO, clases 514 y/424 y 800 y/o 435.

Aunque las patentes consultadas hayan sido solicitadas y concedidas en USPTO, las patentes pueden tener registro PCT, que implica que pueden registrarse en

⁶ Los criterios para la clasificación fueron los siguientes: en la invención incremental, la patente describe una ampliación o adaptación de otra invención. En la invención radical, la patente no se refería a una ampliación o adaptación de otra invención, y no cuenta con citas a más de tres patentes previas.

otras oficinas de patentes reconocidas por la Oficina Mundial de Propiedad Intelectual. Así, se observa un porcentaje sustantivo de las patentes concedidas en USPTO también se encuentran registradas en oficinas de patentes de diversos países.

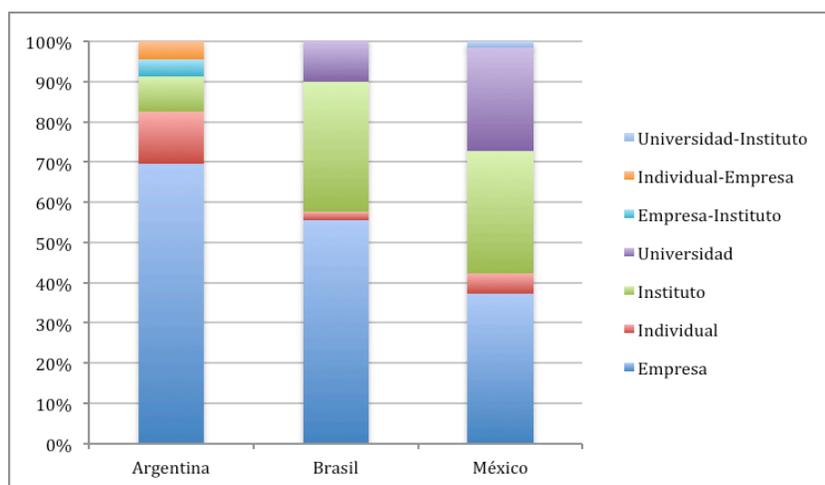
Gráfico 4: Distribución de patentes concedidas de Bio-farmacéutica, por países registradas en otras oficinas de patentes.1980-2013



Fuente: USPTO, clases 514 y/424 y 800 y/o 435.

En relación a la titularidad, son patentes de Argentina que pertenecen en mayor porcentaje a empresas; en menor medida en Brasil y aún menos en México. En contraste, las patentes de universidades y conjuntamente de universidades-institutos tienen mayor importancia en México.

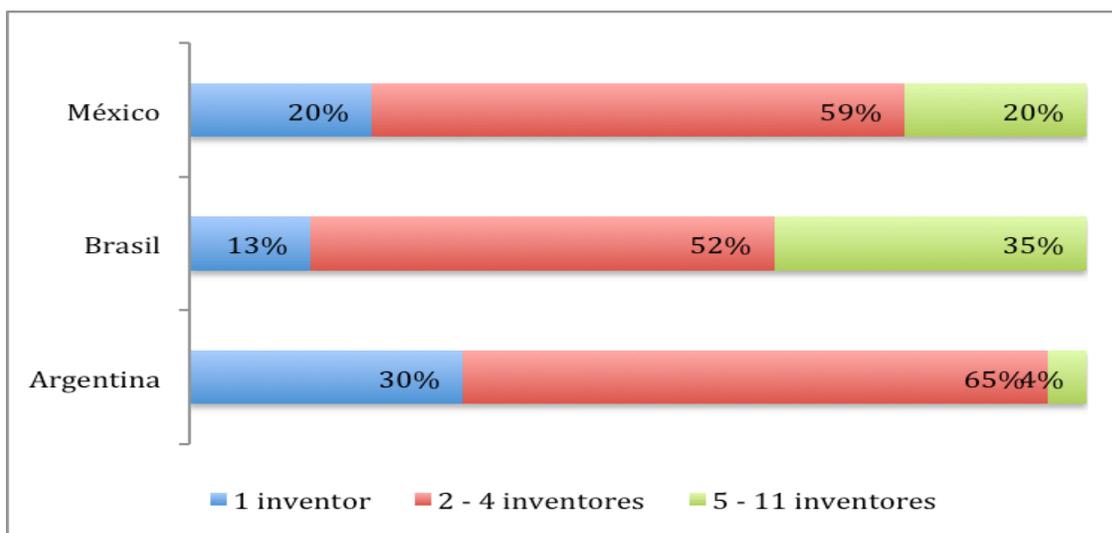
Gráfico 5: Distribución de patentes concedidas de Bio-farmacéutica, por países y tipo de titular. 1980-2013



Fuente: USPTO, clases 514 y/424 y 800 y/o 435.

El tamaño de los equipos fundamentalmente está integrado de 2 a 6 inventores en los tres países, lo cual dista de lo que ocurre en los países con elevadas capacidades tecnológicas.

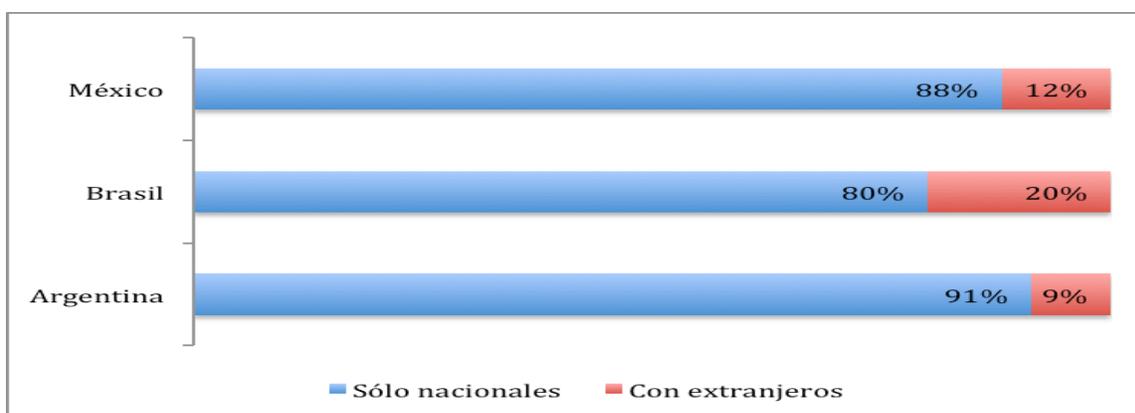
Gráfico 6: Distribución de patentes concedidas a Argentina, Brasil y México en el área bio-farmacéutico, por tamaño del equipo de inventores. 1980-2013



Fuente: USPTO, clases 514 y/o 424 y 800 y/o 435.

Con respecto a la nacionalidad de los inventores se advierte poca presencia de investigadores internacionales en los equipos de investigación de las patentes, especialmente en Argentina.

Gráfico 7: Distribución de patentes concedidas de Bio-farmacéutica, por países y nacionalidad de los inventores. 1980-2013



Fuente: USPTO, clases 514 y/o 424 y 800 y/o 435.

Con referencia a las citas hechas por las patentes de Argentina, Brasil y México a citas previas, se advierte que México tiene un mayor número de citas realizadas: 576 citas en sus 59 patentes, lo que equivale a un promedio de 9.8 citas por patente. A su vez, Brasil registra 299 citas en 89 patentes, es decir, 3.4 citas por patente y finalmente, Argentina da cuenta de 143 citas en 23 patentes, con 6.2 citas por patente. Estos datos dan una idea de los flujos de conocimiento.

Tabla 1: Patentes de Bio-farmacéutica, según varios criterios. 1980-2013

Clasificación\país		Argentina	Brasil	México	Total
	Nº de Patentes	23	89	59	171
Tipo de invención	Incremental	14	40	36	90
	Radical	9	49	23	81
Tipo de invención	Proceso	9	34	16	59
	Producto	6	21	26	53
	Ambos	8	34	17	59
Número de claims	1-5 claims	5	33	12	50
	6-10 claims	3	24	17	44
	11-20 claims	6	17	20	43
	21-30 claims	7	12	8	27
	31 ó más claims	2	3	2	7
Tipo de titular	Empresa	16	50	22	88
	Individual	3	2	3	8
	Instituto	2	28	18	48
	Universidad	0	9	15	24
	Empresa-Instituto	1	0	0	1
	Individual-Empresa	1	0	0	1
	Universidad-Instituto	0	0	1	1
Nacionalidad de los Inventores	Sólo nacionales	21	72	52	145
	Con extranjeros	2	17	7	26
Tamaño del equipo	1 inventor	7	12	12	31
	2 - 4 inventores	15	46	35	96
	5 - 11 inventores	1	31	12	44
Citas Bw	Nº Citas atrás	143	299	576	1018
	Participación	14%	29%	57%	100%
	Promedio	6.2	3.4	9.8	6.0
Citas Fw	Nº Citas adelante	277	148	195	620
	Participación	45%	24%	31%	100%
	Promedio	12.0	1.7	3.3	3.6
Referencias bibliográficas	NO	7	18	3	28
	SI	16	71	56	143

Clases tecnológicas	Medicamentos y Medicina	20	50	27	97
	Sólo Bio-farmacéutica	11	38	26	75
	Bio-farmacéutica y otras clases	9	12	1	22
	Medicamentos y Medicina - Química	2	39	24	65
	Medicamentos y Medicina - Mecánica	1	0	5	6
	Medicamentos y Medicina - Otros	0	0	3	3

Fuente: USPTO, clases 514 y/424 y 800 y/o 435.

Metodología:

Para verificar la hipótesis de que la mayor difusión en el área bio-farmacéutica de Argentina, Brasil y México se halla asociada positivamente con las siguientes variables: innovación radical, número de claims, índice de generalidad, patentadas en varias oficinas, la cooperación tecnológica (co-patentes), el tamaño del equipo de los inventores, la movilidad de los inventores (presencia de inventores extranjeros), la relación con el sector académico (número de citas de artículos científicos), el esfuerzo del sector estatal (institucional) en la innovación en el campo bio-farmacéutico (número de patentes por universidades e institutos de investigación en el área bio-farmacéutica), la participación de empresas (patentes de empresas), el menor tiempo con la que las patentes de América Latina son citan patentes (forward patent citation), se propone un modelo de conteo especificado de la siguiente forma:

Teniendo como base un modelo de tipo *Poisson*, se establece la siguiente ecuación de difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos, considerando como variable *proxy* de la difusión el número de citas hacia adelante de las patentes en el sector bio-farmacéutico mundial en tres países de América Latina (Argentina, Brasil y México), en función del conjunto de variables explicativas señaladas ($X = x_i$):

$$DifBiof_{A,B,M} = E[y_i/x_i] = \exp(x_i \beta)$$

donde:

$DifBiof_{A,B,M}$, es el número de citas que reciben las patentes ($FwPatCit$) en bio-farmacéutica como una variable *proxy* de la difusión de los nuevos conocimientos tecnológicos en este sector mundial en tres países de América Latina (Argentina (A), Brasil (B) y México (M)),

El conjunto X, se compone de las siguientes variables explicativas xi y sus respectivas hipótesis:

Tabla 2: Variables del modelo econométrico

	Variable proxy	Hipótesis
		Se espera que:
<i>InvR</i>	Es la innovación radical. Se considera el número de patentes madre, considerando los siguientes criterios: i) pocas citas hacia atrás; ii) muchas citas hacia adelante; y iii) patentes de procesos. Es una variable <i>dummy</i> , donde 1= es invención radical y 0= invención incremental	Las patentes donde los productos o procesos en bio-farmacéutica son radicales, tengan un mayor efecto positivo en su difusión que las invenciones incrementales (OCDE; 2002).
<i>Cl</i>	Es el número de reivindicaciones de novedad (<i>claims</i>).	Al tener una patente mayor número de reivindicaciones son más las novedades que se le reconocen a la invención, entonces habrá mayor propensión para su difusión (Tong y Frame; 1992, Lanjouw y Schankerman; 2000 y 2004).
<i>TechPatCit</i>	Amplitud tecnológica. Es una variable numérica que indica el número de clases tecnológicas en las que fueron citadas las patentes de Ar, Br y Mx.	Entre mayor sean las clases tecnológicas de las patentes que citan ($FwPatCit$) mayor la propensión a la difusión (Alcácer, J. y Gittelman, M.; 2006).
<i>PCT</i>	Patentes concedidas en WIPO. Es una variable <i>dummy</i> , donde 1= la patente tiene registro PCT y 0 = la patente no tiene PCT.	Al tener una patente PCT la posibilidad de solicitar consesión en 148 países, la propensión a ser difundida sea mayor que la que no tiene registro PCT.
<i>CoopTec</i>	Cooperación tecnológica. La titularidad de la patente compartida (co-patente) es una variable proxy de la cooperación tecnológica entre diferentes agentes. Es una variable <i>dummy</i> , donde 1 = hay cooperación tecnológica y 0 = no	Bajo el supuesto de que acuerdo de cooperación entre agentes en la I+D se traduzca en una co-patente se tenderá a una mayor difusión cuando existan co-patentes (OCDE; 2002).

	hay cooperación tecnológica.	
<i>InvTSize</i>	Tamaño de los equipos de investigación. Es el número de inventores involucrados en la generación de la patente.	A mayor número de inventores en la generación de la patente, las redes tienden a crecer y por tanto, sea mayor la propensión de su difusión (Newman; 2003).
<i>MovIn</i>	Movilidad internacional de los inventores. La presencia de inventores extranjeros se considera como variable proxy de la movilidad internacional. Es una variable <i>dummy</i> , donde: 1 = presencia de inventores extranjeros y 0 = sólo hay presencia de inventores de la misma nacionalidad de la patente.	Al haber presencia de investigadores internaciones en la patente generada se tienda a favorecer las redes, la transferencia de conocimiento y, en consecuencia, sea mayor la propensión a la difusión de la invención que cuando sólo hay inventores nacionales (OCDE; 2002 y OCDE; 2013)
<i>LinkTechSc</i>	Vínculo del sector tecnológico con el sector académico. El número de citas de artículos científicos de la patente se utiliza como variable <i>proxy</i> del conocimiento académico utilizado por los inventores para construir el nuevo invento.	Entre mayor sea el número de citas de artículos científicos hechas por las patentes, mayor el vínculo con el sector académico y por tanto la propensión de difusión de la patente sera creciente (Albuquerque; 2011).
<i>InstEff</i>	Esfuerzo de las instituciones /universidades en la generación de las patentes. Se considera a las patentes concedidas a institutos/ universidades por USPTO como variable proxy. Es una variable <i>dummy</i> , donde: 1= es patente concedida a institución / universidad y 0= patente concedida a otro tipo de agente.	Al tener los institutos y las universidades un papel protagónico en la generación y las derramas del conocimiento científico y tecnológico, especialmente en el sector biofarmacéutico en países emergentes, las patentes de U-I tienden a ser más difundidas que las del resto de los agentes.
<i>FirmsEffInvR</i>	Esfuerzo de las firmas en la generación de las patentes radicales. Se considera a las patentes concedidas a firmas por USPTO como variable proxy. Es una variable <i>dummy</i> , donde: 1= es patente radical concedida a firma y 0= patente concedida a otro tipo de agente o patente incremental concedida a firma.	Al ser las firmas las que tradicionalmente emprenden la innovación, pero que en países emergentes se caracterizan por ser seguidoras de las firmas internacionales innovadoras (followers), las firmas de Ar, Br y Mx que patenten innovaciones radicales tiendan a ser más difundidas que el resto de las patentes (OCDE; 2013).
<i>LagPatCit</i>	Rezago temporal en que una patente concedida	Entre menor sea el tiempo en que la

	<p>en el área bio-farmacéutica sea citada por primera vez por otra patente. Es una variable <i>proxy</i> de la velocidad de difusión, que considera el número de años en que la patente es citada, por fechas de solicitud de la patente que cita y la citada.</p>	<p>patente se cite mayor será la propensión de su difusión e incluso su valor (Gay, et al; 2005).</p>
--	--	---

IV. Resultados y análisis

De acuerdo al modelo Poisson con la base conjunta de los tres países y también de manera individual para cada país (Argentina, Brasil y México), empleando el conjunto de variables consideradas en el análisis se obtuvieron 74 observaciones. Conforme a las estimaciones se encuentra que los parámetros estimados de las variables InvR, TechPatCit, PCT, MovIn, LinkTechSc, InstEff, Firms, LagPatCit y la constante resultaron significativos con un valor $p < 0.05$.⁷ En cambio, los parámetros de las variables CI, CoopTec, InvTSize, FirmsEffInvR no son significativas, al ser $p > 0.05$. La R^2 de McFadden y la R^2 corregida presentan valores que sugieren una bondad de ajuste aceptable del modelo. Sin embargo, presenta problemas de equidispersión, como lo indica el valor de la Chi-cuadrada.

Tabla 3. Modelo 1: Poisson, usando las observaciones 1-171 (n = 74)

Variable dependiente: DifBiof

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>Valor p</i>	
Const	1.27755	0.283571	4.5052	<0.00001	***
InvR	-0.657699	0.235532	-2.7924	0.00523	***
CI	0.00595801	0.00421733	1.4127	0.15773	
TechPatCit	0.40932	0.0225754	18.1312	<0.00001	***
PCT	-0.539986	0.163507	-3.3025	0.00096	***

⁷ Cuando el valor de $p < 0.05$ entonces el parámetro es estadísticamente significativo. En contraste, cuando $p > 0.05$ entonces el parámetro no es estadísticamente significativo.

CoopTec	-0.130141	0.150387	-0.8654	0.38683	
InvTSize	0.000578068	0.04539	0.0127	0.98984	
MovIn	0.430533	0.153121	2.8117	0.00493	***
LinkTechSc	-0.013371	0.00458084	-2.9189	0.00351	***
InstEff	-0.93411	0.207866	-4.4938	<0.00001	***
Firms	-0.623937	0.225348	-2.7688	0.00563	***
FirmsEffInvR	0.261633	0.263881	0.9915	0.32145	
LagPatCit	0.0285355	0.0122633	2.3269	0.01997	**
Argentina	1.03378	0.131899	7.8377	<0.00001	***
Brasil	0.0538427	0.132484	0.4064	0.68444	
Media de la vble. dep.	8.391892		D.T. de la vble. dep.	14.10607	
Suma de cuad. residuos	5785.451		D.T. de la regresión	9.902449	
R-cuadrado de McFadden	0.786092		R-cuadrado corregido	0.774097	
Log-verosimilitud	-267.4992		Criterio de Akaike	564.9984	
Criterio de Schwarz	599.5594		Crit. de Hannan-Quinn	578.7852	

Se eliminaron las observaciones ausentes o incompletas: 97

Contraste de sobredispersión: Chi-cuadrado(1) = 20.9327 [0.0000]

Posteriormente, se procedió a retirar algunas variables explicativas por presentar problemas de correlación con otras variables explicativas. Después de varias estimaciones, el modelo Poisson estimado mejoró, tal como lo muestran los resultados en el cuadro. La R^2 de McFadden y la R^2 corregida sugieren una bondad de ajuste aceptable. Sin embargo, nuevamente el modelo presenta problemas de sobredispersión.

Tabla 4. Modelo 11: Poisson, usando las observaciones 1-171 (n = 74)

Variable dependiente: DifBiof

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>Valor p</i>	
Const	2.18715	0.162625	13.4490	<0.00001	***
InvR	-0.520388	0.103476	-5.0291	<0.00001	***
TechPatCit	0.408234	0.0222202	18.3722	<0.00001	***
PCT	-0.468916	0.150517	-3.1154	0.00184	***

LinkTechSc	-0.010282	0.00437997	-2.3475	0.01890	**
InstEff	-0.799758	0.177124	-4.5152	<0.00001	***
LagPatCit	0.0279638	0.0109236	2.5600	0.01047	**
Brasil	-0.985002	0.115464	-8.5308	<0.00001	***
Mexico	-0.952735	0.105052	-9.0692	<0.00001	***
Firms	-0.381626	0.133564	-2.8573	0.00427	***

Media de la vble. dep.	8.391892		D.T. de la vble. dep.	14.10607
Suma de cuad. residuos	5997.094		D.T. de la regresión	9.680113
R-cuadrado de McFadden	0.782172		R-cuadrado corregido	0.774175
Log-verosimilitud	-272.4017		Criterio de Akaike	564.8034
Criterio de Schwarz	587.8441		Crit. de Hannan- Quinn	573.9946

Se eliminaron las observaciones ausentes o incompletas: 97

Contraste de sobredispersión: Chi-cuadrado(1) = 15.2353 [0.0001].

Considerando que el modelo Poisson no cumplió con la prueba de equidispersión, se propuso un modelo binomial negativo, que permite mejorar el ajuste de los datos en función de su naturaleza. En este modelo las variables se mantienen con las especificaciones mencionadas anteriormente.

Tabla 5. Modelo 1: Binomial negativa, usando las observaciones 1-171 (n = 74)

Variable dependiente: DifBiof

Desviaciones típicas basadas en el Hessiano

	<i>Coefficiente</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>z</i>	<i>Valor p</i>	
Const	1.64225	0.276106	5.9479	<0.00001	***
InvR	-0.446375	0.211591	-2.1096	0.03489	**
TechPatCit	0.49389	0.0575569	8.5809	<0.00001	***
PCT	-0.465805	0.313808	-1.4844	0.13771	
LinkTechSc	-0.00636471	0.00725212	-0.8776	0.38014	

InstEff	-0.313772	0.232488	-1.3496	0.17714	
LagPatCit	-0.00938555	0.0261241	-0.3593	0.71939	
Brasil	-0.980335	0.25236	-3.8847	0.00010	***
M_xico	-0.843465	0.24799	-3.4012	0.00067	***
alpha	0.374092	0.0849011	4.4062	0.00001	***

Se eliminaron las observaciones ausentes o incompletas: 97

Media de la vble. dep.	8.391892		D.T. de la vble. dep.	14.10607
Log-verosimilitud	-187.6323		Criterio de Akaike	395.2645
Criterio de Schwarz	418.3052		Crit. de Hannan- Quinn	404.4557

Los resultados de este modelo binomial negativo, muestran que cuatro parámetros estimados correspondientes a las variables PCT, LinkTechSc, InstEff, LagPatCit, no son significativos. El parámetro de la prueba alpha es significativo, lo que indica que el ajuste de los datos con el modelo binomial negativo es adecuado. Sin embargo, el modelo no satisface las pruebas de normalidad de los errores. Asimismo, no se cumple con las pruebas de normalidad de residuos. Es decir, la distribución de los residuos no es normal al no presentar una distribución de tipo gaussiana y por tanto, su varianza no es constante.

Tabla 6: Prueba de normalidad de residuos

Distribución de frecuencias para uhat1, observaciones 1-171 número de cajas = 9, media = -0.561064, Desv. Standar.=12.1232
Observaciones ausentes = 97 (56.73%)
Contraste de la hipótesis nula de distribución normal: Chi-cuadrado(2) = 56.810 con valor p 0.00000

Después de probar con diferentes sub conjuntos de variables explicativas, se asumió que no era viable estimar un modelo econométrico que cumpliera con las pruebas para validar sus resultados. Las razones probables por las que no fue viable estimar un modelo válido fueron: i) existencia de muchos ceros en la variable explicada, que significa que muchas patentes de los países no son citadas: ii) presencia de autocorrelación en las variables explicativas; iii) presencia de numerosas variables dummy's y iv) pocas observaciones.

En consecuencia, se decidió efectuar correlaciones individuales de las distintas variables con la variable dependiente difusión del nuevo conocimiento tecnológico generado por Argentina, Brasil y México para generar otras invenciones y se encontró que la amplitud tecnológica de las patentes que citan a las patentes de Ar, Br y Mx en el área biofarmacéutica, el tamaño de equipo de los inventores, el esfuerzo de instituciones y la presencia de firmas son variables que resultan significativas.

Con respecto a las firmas, se coincide con resultados obtenidos por Singh (2004)⁸, en el sentido de que las empresas transnacionales toman mayor ventaja de sus empresas filiales, y muy probablemente de aquellas empresas locales que logran innovar. Considerando que el esfuerzo institucional de estos tres países aún es débil, aunado al hecho de que los vínculos universidad-empresa tampoco son fuertes, no se logra trascender en términos de difusión. Finalmente, también el reducido tamaño de los equipos no favorece la difusión, en la medida en que por una lado resultará limitado el potencial de innovación y también la generación de redes de conocimiento.

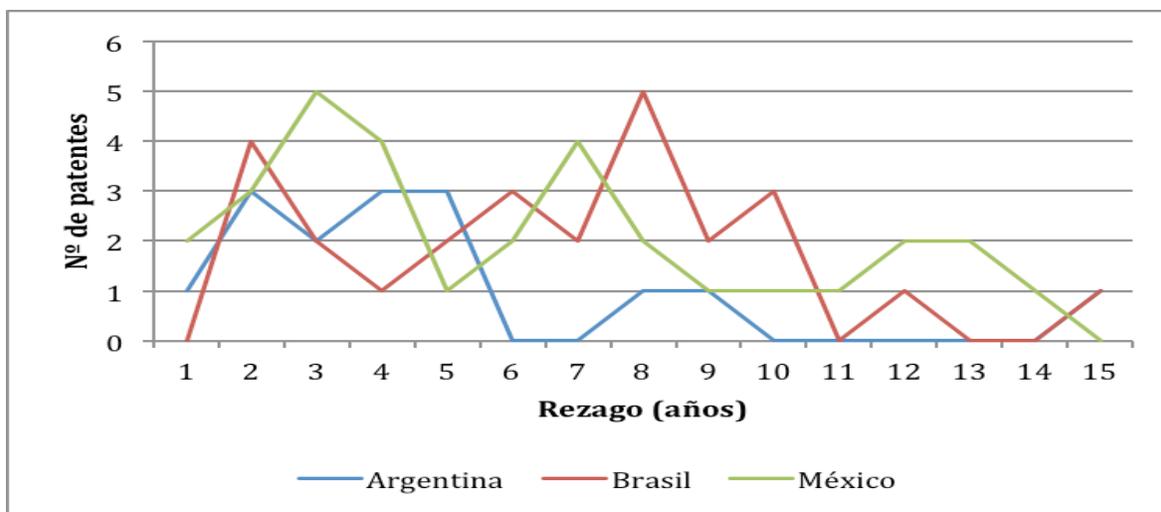
Tabla 6: Correlaciones de la variable DifBiof con otras variables

Variable	<i>CI</i>	<i>TechPatCit</i>	<i>InvTSize</i>	<i>InstEff</i>	<i>Firms</i>
Correlación	0.1	0.7	-0.2	-0.2	0.1
Nivel de significación	95%	95%	95%	95%	95%

⁸ Singh (2004) hace un estudio con 1 millón de cita de patentes de 6 países industrializados para analizar los flujos de conocimiento tecnológico entre las multinacionales y las empresas filiales.

La estimación del rezago en que se citan las patentes de Argentina, Brasil y México de 1980-2013, mediante el análisis de citas hacia delante, permite conocer que son pocas las patentes que son citadas en los primeros años y que va disminuyendo en el tiempo. Lo anterior sugiere que las invenciones de los tres países latinoamericanos tienen poco impacto, además de que no han influido tecnológicamente muchas patentes.

Gráfico 4: Rezago temporal de las citas a patentes de Argentina, Brasil y México, 1980-2013



Conclusiones

El estudio de la difusión internacional de las innovaciones tecnológicas y los factores que la determinan tiene una enorme relevancia para la comprensión de la naturaleza de la innovación de los países. En general, los estudios de la difusión tecnológica se centran en países industrializados. En particular, cómo se difunden las innovaciones en los países que las generan. En países en desarrollo o emergentes, la difusión de novedades de países industrializados ocurre mediante la transferencia tecnológica. Poco se abordado sobre la difusión internacional de las invenciones patentadas en países emergentes.

Retomando las contribuciones de varios economistas sobre metodologías que se basan en la información contenida en los documentos de patentes, propusimos un modelo que permitiera identificar las variables explicativas de la difusión de las novedades

generadas en la industria farmacéutica de tres países latinoamericanos (Argentina, Brasil y México).

El modelo que estima la probabilidad de difusión del conocimiento tecnológico, tomando como variable proxy la cita posterior que se hace a las patentes y la cual sugiere importancia de la invención, así como de los factores que influyen, se enfrentó a problemas econométricos que están asociados al reducido número patentes y la especificación de las variables dummy en lugar de numéricas.

No obstante las dificultades, nuestras estimaciones permiten corroborar parcialmente la hipótesis propuesta. Se confirma que la presencia de firmas influye positivamente en la probabilidad de difundir el nuevo conocimiento tecnológico generado por los tres países. Pero se rechaza que el tamaño del equipo de los inventores y el esfuerzo institucional (universidades e institutos de investigación) favorezcan la probabilidad de difusión de las invenciones en el sector farmacéutico.

Aún cuando en el sector farmacéutico, las firmas de Argentina, Brasil y México no dominan la actividad inventiva como ocurre en otros países industrializados, son éstas quienes poseen mayores recursos para establecer redes internacionales que contribuyan a una mayor difusión de sus innovaciones. Al estar en condiciones de escalar a nivel industrial las invenciones las firmas están en mejores condiciones de difundir sus nuevas aportaciones tecnológicas.

En cambio, estos tres países aún no han logrado generar las condiciones para tener equipos de investigadores de mayor tamaño con los efectos de derrame asociados. En países industrializados, el número de los inventores tiende a ser mayor e incluso con presencia de inventores extranjeros debido a convenios de colaboración con otras empresas y universidades e institutos. La movilidad de inventores parece favorecer una mayor probabilidad de difusión tecnológica.

Finalmente, los vínculos entre universidades/institutos aún son débiles. Lo anterior tampoco abona a la difusión tecnológica.

Los resultados anteriores, permiten hacer propuestas de política para lograr mayor difusión de las novedades que generan los tres países latinoamericanos. La interacción entre universidades/institutos debe fomentarse en mayor grado, así también la integración de equipos de mayor tamaño, pasando por procesos de movilidad de los inventores. Un mayor

esfuerzo institucional debe incluir un mayor esfuerzo en I+D y en la formación de capital humano especializado en el área bio-farmacéutica, además de la cooperación tecnológica entre agentes de cada país. En este entorno virtuoso se incrementarán las capacidades de absorción del nuevo conocimiento tecnológico, se mejorará la eficiencia del sector bio-farmacéutico de innovación. La probabilidad de difusión de los tres países tendrá un terreno fértil.

Referencias bibliográficas:

Aghion, P., y P. Howitt. (1990). *A model of growth through creative destruction*, documento No. w3223, National Bureau of Economic Research.

Albuquerque, et al. (2011). “Global Interactions Between Firms and Universities: Global Innovation Networks as first steps towards a Global Innovation System”. Texto para discussao, No. 419. CEDEPLAR

Alcácer, J. y M. Gittelman. (2006), “Patent Citations as a Measure of Knowledge Flows: the influence of Examiner Citations”. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 88, núm 4, pp. 774-779.

Criscuolo, P., R. Narula y V. Verspagen. (2001). “Measuring knowledge flows among European and American multinationals: a patent citation analysis.” Documento presentado en *The Future of Innovation Studies Conference*, Eindhoven University of Technology, Netherlands, Septiembre.

Cockburn, Iain and Rebecca Henderson. (2001). Scale and scope in drug development: unpacking the advantages of size in pharmaceutical research, *Journal of Health Economics*, vol. XX, núm. 6, pp. 1033-1057.

Grandstrand, Ove, Lars, Hakanson y Soren Sjolander. (1992). *Technology Management and International Business*, Wiley & Sons.

Gay, C., C. Le Bas, P. Patel, y K. Touach. (2005). “The determinants of patent citations: An empirical analysis of French and British patents in the US”. *Economics of Innovation and New Technology*, Vol. 14, núm. 5, pp. 339-350.

Gomulka, S. (1990). *The theory of technological change and economic growth*, Routledge, Londres.

- Griliches, Z. (1984). *R&D, Patents, and Productivity*, The University of Chicago Press, Chicago y Londres.
- Guzmán, A. (2014). *Propiedad intelectual y capacidades de innovación en la industria farmacéutica de Argentina, Brasil y México*, Gedisa, UAM, México.
- Hall, B., A. Jaffe and M. Trajtenberg. (2001a). "Market Value and Patent Citations: A First Look." University of California, Berkeley, Department of Economics, *Working Paper, no. E01-304*.
- Hall, B., A. Jaffe and M. Trajtenberg. (2001b). "NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools." *National Bureau of Economic Research, Documento No. 8498*.
- Henderson, Rebecca, Adam, Jaffe y Manuel Trajtenberg (1998). "Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting, 1965-1988", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 80, núm. 1, pp. 119-127.
- Hu, A. G. Z. y A. Jaffe. (2003). "Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan." *International Journal of Industrial Organizations*, Vol. 21, núm. 6, pp. 849-880.
- Jaffe, A. y M. Trajtenberg (2002). *Patent, Citations, and Innovations*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, Londres.
- Lanjouw, J.O. y Schankerman, M., (2000), "Patent Suits: Do They Distort Research Incentives?". En CEPR Working Paper, 2042.
- Lanjouw, J.O. y Schankerman, M., (2004), "Patent Quality and Research Productivity: Measuring innovation with Multiple Indicators". En *The Economic Journal*, 114, núm 495, pp. 441-465.
- Levin, Richard, Alvin Klevorick, Richard Nelson y Sidney Winter (1987). "Appropriating the returns from industrial research and development", *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 3, pp. 783-820.
- Lundvall, B. A. (1992). *National systems of innovation: An analytical framework*. London: Pinter.
- Maskus, K. (2000). *Intellectual Property Rights in the Global Economy*, Washington D.C., Institute for International Economics Press.

- Newman, M., (2003), “The Structure and Function of Complex Networks”, *SIAM Review*, Vol. 45, núm. 2, pp. 167-256.
- OCDE (1992). *La mondialisation industrielle. Quatre études de cas: pièces automobiles, produits chimiques, construction y semi-conducteurs*. Paris.
- OCDE (1996). *La mondialisation de l'industrie*. Paris.
- OCDE (2002). *Manual de estadísticas de patentes de la OCDE*. OCDE.
- OCDE, (2013). “Symposium on Assessing the Economic Impact of Nanotechnology”. Synthesis Report OECD/NNI.
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press.
- Scherer, F.M. (2005). *Patents. Economics, Policy and Measurement*, Edward Elgar, Cheltenham, UK, Northampton, M.A.
- Schmookler, J. (1962). Economic sources of inventive activity. *The Journal of Economic History*, Vol. 22, núm. 1, pp. 1-20.
- Tong, X. y Frame, J.D., (1994), “Measuring National Technological Performance with Patent Claims Data”. *Research Policy*, Vol. 23, núm 2, pp.133-141.
- Veugelers, Reinhilde and Bruno Cassiman. (1999). “Make and buy in innovation strategies: evidence from Belgian manufacturing firms”, *Research Policy*, Vol. 28, núm. 1, pp. 63-80.