

# ***BRECHAS TECNOLÓGICAS Y PROCESOS DE CONVERGENCIA ENTRE PAÍSES EMERGENTES E INDUSTRIALIZADOS EN LA INDUSTRIA BIO-FARMACÉUTICA, 1980-2005\****

ALENKA GUZMÁN\*\*  
HORTENSIA GÓMEZ\*\*\*

## **RESUMEN**

En este documento se debate y se analiza empíricamente la innovación y el crecimiento en la industria bio-farmacéutica entre países industrializados (Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, Francia, Reino Unido, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Países Bajos, Noruega, España y Australia) y emergentes (México, Corea e India) durante el periodo 1980-2005, utilizando el enfoque de brecha tecnológica. La evidencia muestra una tendencia convergente entre países industrializados en relación al líder, Estados Unidos. De los países emergentes, pese a la enorme brecha tecnológica y de desarrollo en la industria farmacéutica, en Corea del Sur e India han realizado sustantivos esfuerzos en I&D, los cuales tienden a manifestarse en una sistemática y creciente actividad inventiva (patentes). El atraso tecnológico es más evidente en México y en India. En ambos bloques de países la dinámica del proceso de innovación se explica por los avances en el conocimiento y los esfuerzos para innovar.

## **ABSTRACT**

This paper contains a discussion and test of the technology gap approach to the innovation and growth in the bio-pharmaceutical industry between industrialized (United States, Canada, Japan, Germany, France, United Kingdom, Belgium, Denmark, Finland, Netherlands, Norway, Spain and Australia) and emerging countries (Mexico, Korea, India) for the period 1980-2005. We find among the industrialized countries convergence path with respect to the leader, the United States. But from the emerging countries, even the enormous pharmaceutical technological and development gap, South Korea and India have made significant R&D efforts which tend to be manifested in a systematic and increasing innovative activity (patents). The technological backwardness is more obvious in Mexico than in India and Brazil. In both block of countries the dynamics in the processes of innovation is explained by the advances in knowledge and the efforts to innovate.

Palabras clave: brechas tecnológicas, convergencia/ divergencia tecnológicas, patentes, I&D, industria farmacéutica de países industrializados y países emergentes

## **Introducción**

El objetivo de este trabajo es examinar si existe un proceso de convergencia y/o una tendencia de alcance (*catching up*) entre países industrializados y en desarrollo en el contexto de una industria **de elevada intensidad** tecnológica, basada en la ciencia. Se prueba la convergencia tecnológica de la industria farmacéutica entre los países durante el periodo de 1980 a 2005, aplicando el enfoque de brecha tecnológica. Las preguntas de investigación planteadas son las siguientes: ¿Existe la

---

\* Este trabajo forma parte de la investigación “Brechas tecnológicas y de innovación entre países industrializados y países en desarrollo. El caso de la industria farmacéutica en el marco de la protección intelectual” registrado en el Consejo Divisional de la UAM Iztapalapa.

\*\* Profesora del Posgrado de Estudios Sociales, Línea Economía Social, UAM Iztapalapa ([alenska@prodigy.net.mx](mailto:alenska@prodigy.net.mx))

\*\*\* Profesora del IPN-CIECAS ([hgomezv@ipn.mx](mailto:hgomezv@ipn.mx)) y egresada del Doctorado en Estudios Sociales Línea economía Social.

posibilidad de un proceso de convergencia y/o alcance de países en desarrollo hacia países industrializados, en una industria basada en la ciencia? ¿Cuáles son los factores que explican la convergencia o divergencia?

Nos proponemos demostrar la hipótesis **inspirada** en el enfoque de brechas tecnológicas a nivel de sectorial: la divergencia en crecimiento en el sector farmacéutico de países en desarrollo en relación al de industrializados está fuertemente vinculada con la brecha tecnológica y de innovación. La posibilidad de alcance en una industria de **elevada intensidad** tecnológica, para los países en desarrollo sólo se podría explicar por tasas de crecimiento económico más altas que aquéllas que son registradas en los países industrializados, las cuales responden a las capacidades institucionales y de desarrollo tecnológico. La correlación que existe entre gasto en investigación y desarrollo (GI&D) y patentes contribuye al desarrollo de la capacidad para innovar y a crear un círculo virtuoso, en conjunto con la transferencia tecnológica y el crecimiento de la productividad. **Lo anterior**, podría llevar a los países en desarrollo, a una ruta de convergencia y de eventualmente de alcance.

El **capítulo** se divide en tres secciones. En la primera se presenta la discusión teórica de la investigación. En la segunda se muestra la evidencia empírica de la brecha tecnológica y de la tendencia a la convergencia o divergente entre la industria la farmacéutica de los diferentes países analizados. Finalmente, en la tercera se señalan las conclusiones. La metodología y las fuentes utilizadas se ubican al final del documento.

## **I. El Enfoque de la Brecha Tecnológica**

El proceso de convergencia o divergencia económica ha estado asociado, entre otros factores, con los diferenciales en el desarrollo tecnológico y en la disponibilidad de recursos humanos (Abramovitz, 1986; Maddison, 1982; Baumol, 1986). El enfoque de brecha tecnológica desarrollado por Posner (1961), Gomulka (1971), Cornwall (1977), Abramovitz (1986), entre otros autores, propone que los significativos diferenciales en los niveles y las tendencias tecnológicas que caracterizan al sistema económico internacional sólo pueden ser explicados por las transformaciones radicales en las estructuras económica, social y tecnológica<sup>1</sup>. Otros autores que también han abordado la discusión teórica del *cacth-up* tecnológico son Veblen (1915), Nurske (1955), Gerschenkron (1962) y Rostow

---

<sup>1</sup> Los trabajos de K. Pavitt y L. Soete han probado la hipótesis presentada por M.V.Posner (1961) y S. Gomulka (1971), citado en J. Fagerberg (1987).

(1971). El enfoque asume que existe una estrecha correlación entre tasas de crecimiento económica y tecnológica. El relativo rezago tecnológico de los países pobres conlleva una oportunidad de rápido crecimiento económico (Abramovitz, 1966 y 1986). En efecto, estos países disponen de un gran potencial por el rezago que tienen, debido a la posibilidad que tienen para imitar a los países más avanzados y adoptar las mejores técnicas<sup>2</sup>. La estrategia imitativa posibilitará a los países rezagados tecnológicamente, con respecto a la frontera global de la innovación, incrementar sus tasas de crecimiento económico. Sin embargo, la posibilidad de convergencia y alcance está condicionada por la capacidad de transformación de las estructuras social, institucional y económica. La existencia de capacidades sociales (Abramovitz, 1986) y la reforma de las instituciones (Maddison, 1982) son condiciones necesarias para el rápido crecimiento económico y, por ende, para el alcance.

Los modelos neoclásicos de crecimiento (iniciados con Solow, 1957) predicen que una tasa de crecimiento positiva y acelerada sólo es posible si ocurre el cambio tecnológico. Diferentes investigaciones empíricas han probado el efecto del progreso tecnológico, como una variable exógena, en el crecimiento económico. Los nuevos modelos de crecimiento (Romer, 1986, 1990; Lucas 1988; Barro y Sala -i-Martín, 1991, entre otros) hacen énfasis en la generación del conocimiento, como una variable endógena. Aún cuando las empresas generen su propio conocimiento, éstas se ven beneficiadas de la derrama del conocimiento que proviene de la economía. El alcance tecnológico se define como “el proceso por el cual los países pueden beneficiarse de la existencia de un stock de conocimiento disponible para todo el mundo (Rogers, 2003: 43). En el contexto de los diferenciales de la dinámica tecnológica entre países, la principal pregunta de investigación es “¿Cómo los países pueden aprender y absorber la tecnología del resto del mundo?” (Ibid).

#### *Factores que contribuyen a la Convergencia Tecnológica*

Cuando se considera un periodo largo donde la relación capital producto no cambia, la variación entre países podrá ser explicada por la innovación. En ese sentido, *la brecha es un indicador agregado de largo plazo de algunos de los factores que influyen en la tasa de transferencia tecnológica internacional y, por tanto, del crecimiento de las tasas de innovación y la productividad laboral en la*

---

<sup>2</sup> B. Amable, R. Barré y R. Boyer (1997), p. 62.

*importación de tecnología* (Gomulka, 1990, p. 155)<sup>3</sup>. Se establece así un círculo virtuoso entre la inversión de capital y la innovación.

En la lógica del círculo virtuoso que se establece entre la inversión de capital y la innovación, las decisiones de inversión en capital físico y en I&D implican una condicionalidad y complementariedad en la estrategia de las firmas para competir en los mercados. En efecto, la producción de un nuevo producto derivado de I&D a menudo requiere de la ampliación de las capacidades productivas o la adecuación de las plantas, pero a su vez esto último necesita del apoyo de estudios tecnológicos especializados (Guellec, 1993).

## **II. La evidencia empírica. Brechas Tecnológicas y Tendencia de Convergencia en la Industria Farmacéutica de diferentes países.**

La naturaleza del medio ambiente competitivo de la industria farmacéutica ha cambiado en las tres últimas décadas principalmente por tres factores. El primero, los avances científico y tecnológico en los campos de la biotecnología y la genética han generado un nuevo paradigma tecnológico para la farmacéutica (Landau, 1999; Morange, 2003). Segundo, la fusión de las empresas farmacéuticas, el proceso de adquisiciones y estrategias de alianza desde los años 80s y, finales de los 90s, enlazado a la competencia tecnológica y la necesidad de esfuerzos conjuntos en I&D han favorecido la concentración (Weinmann, 2002). Tercero, la tendencia a la globalización, donde la producción está basada principalmente en las grandes empresas farmacéuticas (multinacionales) de los países industrializados (Estados Unidos es el líder), pero con una creciente participación de países emergentes como India, China y Brasil, sobre todo como productores de medicamentos genéricos. Esto es, aún cuando la I&D se ha concentrado en los países industrializados, el desarrollo de algunos medicamentos y de fases de la producción se han dado en los países en desarrollo (Este de Asia, Europa del Este y América Latina) abriendo para ellos la oportunidad de nuevos productos y conocimiento. La descentralización de las actividades de I&D de la bio-farmacéutica está altamente asociada con los niveles de capital humano y las capacidades de los diferentes países (sobre todo, en los países en desarrollo) y la ventaja de los bajos salarios de los investigadores (especialmente en

---

<sup>3</sup> Citado en Guzmán, Ludlow y Gómez (2004).

países en desarrollo) y se ven impulsado por la presencia de tecnologías de la información y comunicación (Guzmán, 2008).

Sin embargo, pese a que la mayor parte de los flujos tecnológicos en la industria farmacéutica ocurren entre países industrializados, algunos países en desarrollo han participado como centros de estudios clínicos e importantes productores de genéricos (OCDE, 2001). En este contexto, países como India, China, México y Brasil se han posicionado como importantes exportadores farmacéuticos. Así mismo, Corea, India, Taiwán, Argentina, Brasil y México, a partir de una producción basada en la estrategia de imitación desde la posguerra, se han convertido en importantes productores de genéricos. No obstante, algunos de estos países se han seguido una estrategia pasiva del progreso tecnológico (imitadores), en tanto, que otros simultáneamente fortalecieron su producción de genéricos y se orientaron hacia estrategias basadas en la I&D y la innovación (Zúñiga, Guzmán & Brown, 2007).

En esta investigación, a partir de considerar los esfuerzos en I&D y la actividad de innovación de la industria farmacéutica de los países seleccionados, se identificará la dinámica de innovación y se probará si ha ocurrido o no el proceso de convergencia y/o de alcance entre la industria de los países seleccionados.

### ***Tendencias del comportamiento tecnológico en la Industria farmacéutica***

La brecha tecnológica entre países industrializados y en desarrollo es cada vez más evidente en industrias como la farmacéutica, debido a los enormes diferenciales en I&D como porcentaje del PIB del sector y las patentes per-cápita. La tendencia de divergencia se manifiesta de forma más palpable, como ya se menciono en el apartado teórico, cuando las capacidades sociales están rezagadas y se registran bajas tasas de transferencia tecnológica y un PIB per-cápita reducido. Este comportamiento se acentúa por las políticas de protección de propiedad intelectual fuertes, especialmente en el alargamiento de la duración de la patente.

El estudio de brecha tecnológica en la industria farmacéutica es un análisis de largo plazo durante el periodo 1980 – 2005. Se consideran dos bloques de países. El primero, es un grupo de países industrializados caracterizados por una industria farmacéutica sofisticada, con un significativo gasto en I&D (GI&D), una relativa homogeneidad en la fortaleza de su sistema de

propiedad intelectual, y una importante actividad de patentamiento (Estados Unidos, Japón, Canadá, Alemania, Francia, Reino Unido, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Países Bajos, Noruega y Australia). El segundo se refiere a países en desarrollo, identificados como países con capacidades de imitación fuertes, diferentes niveles de PIB per-cápita, GI&D, reglas de propiedad intelectual y cada uno ha introducido por lo menos una nueva molécula (México, Corea e India).

Con el fin de identificar la capacidad de innovación de la industria farmacéutica de cada país y su tendencia, se estimaron tres indicadores tecnológicos medidos como promedios en tres diferentes periodos (1980-1990; 1991-2000; 2001-2005). El primero se refiere al desempeño de la capacidad de innovación de la industria farmacéutica con base en la patentes obtenidas por año en la USPTO (*United States Patent and Trademark Office*) por millón de habitantes, ponderando el valor agregado del sector farmacéutico por la población y las exportaciones. Autores como Archibugi y Coco (2004) no están de acuerdo en incluir a Estados Unidos si se está usando la base de patentes de USPTO porque el número de patentes de los residentes del país es artificialmente elevado. No obstante, no se puede ignorar la importancia del mercado de medicamentos de Estados Unidos (cerca de la mitad de los medicamentos del mundo son vendidos en este país), lo que atrae a las empresas internacionales a patentar en la USPTO con la expectativa de ingresar nuevos productos a dicho país. El segundo indicador refleja el nivel de productividad de innovación en el sector (patentes otorgadas en la USPTO a la industria farmacéutica por número de empleados). El tercero muestra los esfuerzos en I&D (razón entre el GI&D del sector como porcentaje de su valor agregado), mismos que son un insumo para la innovación en cada país.

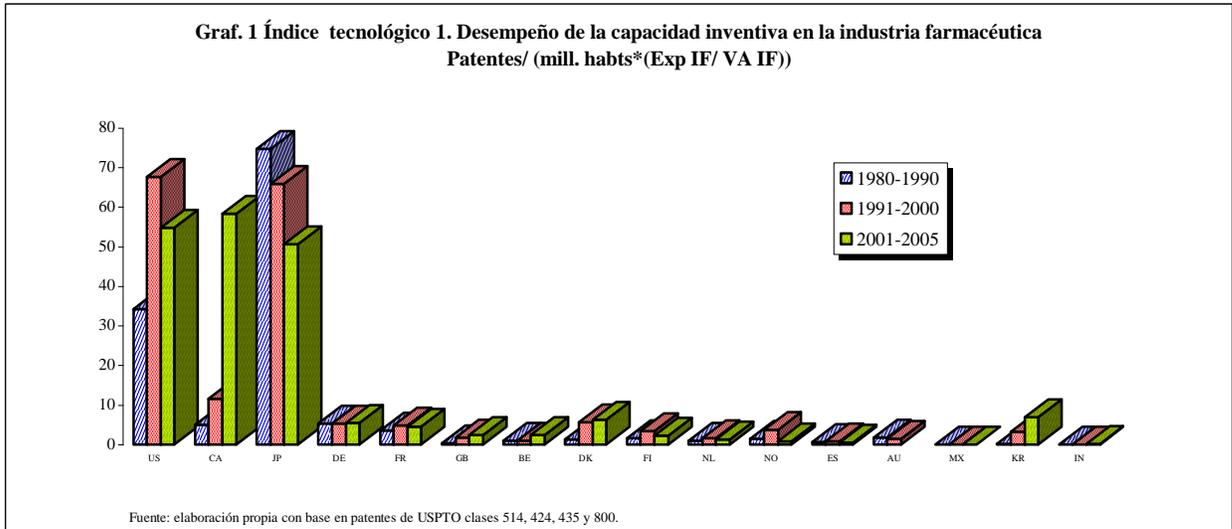
De acuerdo a la estimación el nivel de capacidad inventiva de la industria farmacéutica para cada país, basado en patentes por millón de habitantes ponderada por el coeficiente de exportación, se puede observar lo siguiente (gráfico 1):

Entre los países industrializados existen diferenciales importantes en su desempeño de capacidad de innovación. Este indicador muestra que Japón inició con el nivel más alto en la capacidad de innovación durante el primer periodo y mantuvo su liderazgo en el segundo periodo, sin embargo, desde el segundo periodo y hasta el tercero registra una caída significativa. Este alto indicador de la capacidad de innovación de Japón puede ser explicado porque el coeficiente de exportación de su industria farmacéutica es sumamente bajo en contraste con el elevado nivel de patentes. Estados Unidos mantiene un amplio liderazgo en el patentamiento en la industria farmacéutica sobre los demás países industrializados durante todo el periodo en estudio, excepto en

el caso de Japón, pues el índice de éste último supera al de Estados Unidos en los dos primeros sub-periodos. En este sentido, conviene subrayar el significativo incremento que registra Estados Unidos en el segundo periodo, durante los años noventa cuando gran parte de los países, en el marco de la Organización Mundial del Comercio (OMC), fortalecieron sus derechos de propiedad intelectual en apego a la adopción de los ADPIC (*Acuerdos sobre los Derechos de Propiedad Intelectual relativos al Comercio*), lo que limita la imitación en los países firmantes. Un desempeño similar se puede observar en el caso de Canadá, el cual ha sido seguidor muy cercano de Estados Unidos. En tanto que en los países nórdicos se puede apreciar un desempeño innovador especial (Dinamarca, Finlandia y Noruega) en el segundo periodo. España muestra un pequeño incremento en su actividad inventiva a lo largo de todo el periodo estudiado, pero aún es débil. Finalmente, en el gráfico 1 se puede observar que en el último sub-periodo (2001-2005), Canadá tiene un comportamiento creciente de su capacidad de innovación en comparación con los sub-periodo precedentes. En contraste, Corea, India e India registran un bajo nivel, en comparación con Bélgica que si ha logrado un progreso; por lo contrario, Alemania y Dinamarca han logrado un incremento marginal.

Los resultados delatan la existencia de la existencia de rendimientos decrecientes en la actividad inventiva específica de la industria farmacéutica y la necesidad de recargas exógenas; o dicho en otros términos, innovaciones en otros campos relacionados o avances en las ciencias básicas. La inversión destinada a programas científicos específicos tales como el genoma humano indudablemente ofertara nuevas oportunidades para el desarrollo de nuevos medicamentos.

En relación a los tres países desarrollados, la actividad inventiva es nula en el primer periodo, y se expresa de manera incipiente en el segundo periodo en Corea y de forma más débil en India. Los diferenciales entre estos países se expresan en el tercer periodo en el que Corea del Sur despegaba de manera sorprendente, mientras que México se mantiene estancado e India inicia de manera marginal.



Sí se estima el porcentaje de patentes obtenidas en la USPTO de cada país en relación a Estados Unidos es posible apreciar el enorme diferencial entre este país y los países desarrollados y es aún más amplia respecto a los países en desarrollo (Corea, México e India). Notablemente, México es el país de mayor rezago, en comparación con el despegue de Corea e India (Gráfica 2)

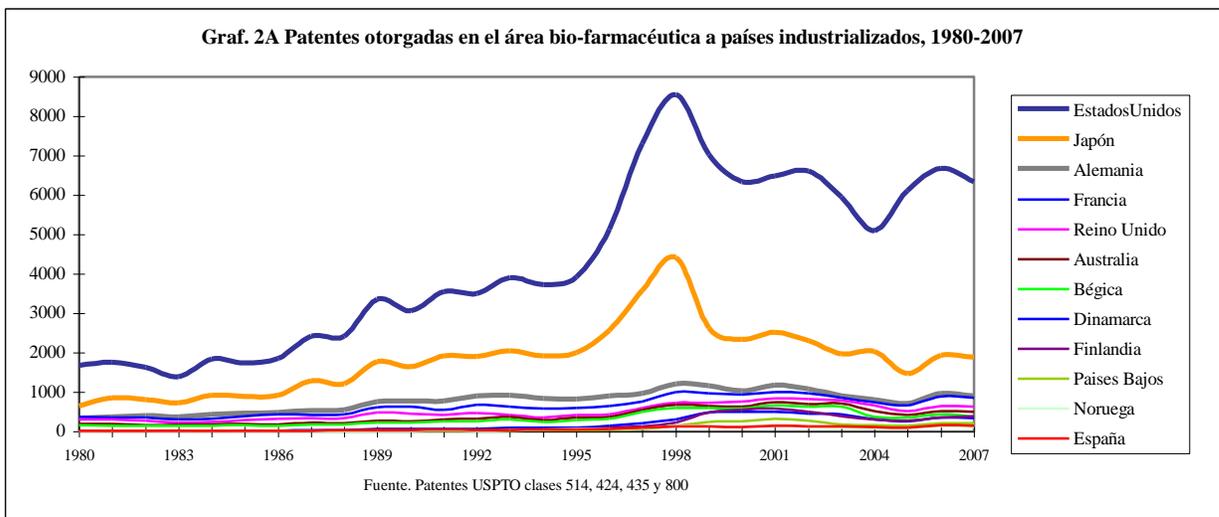
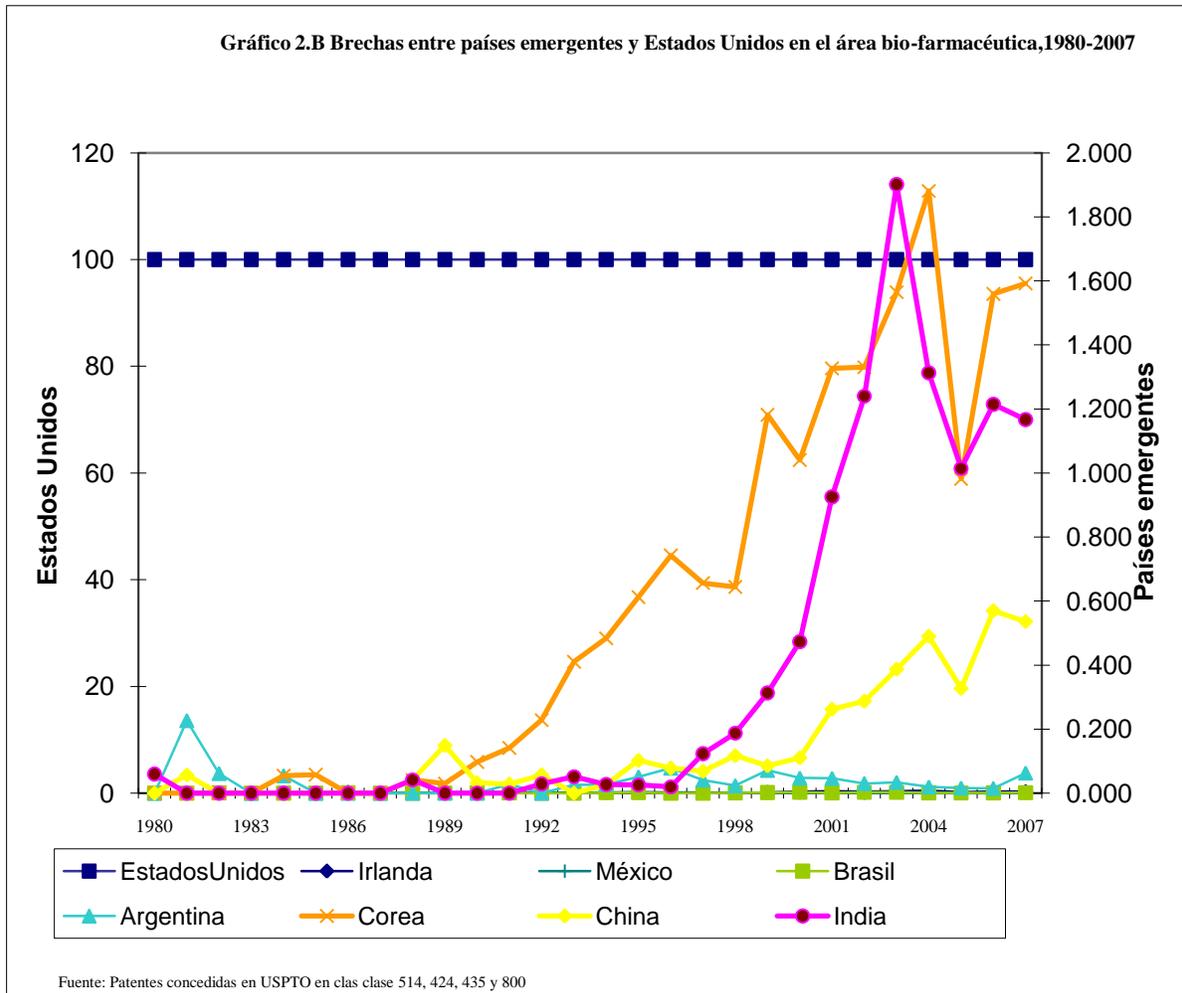


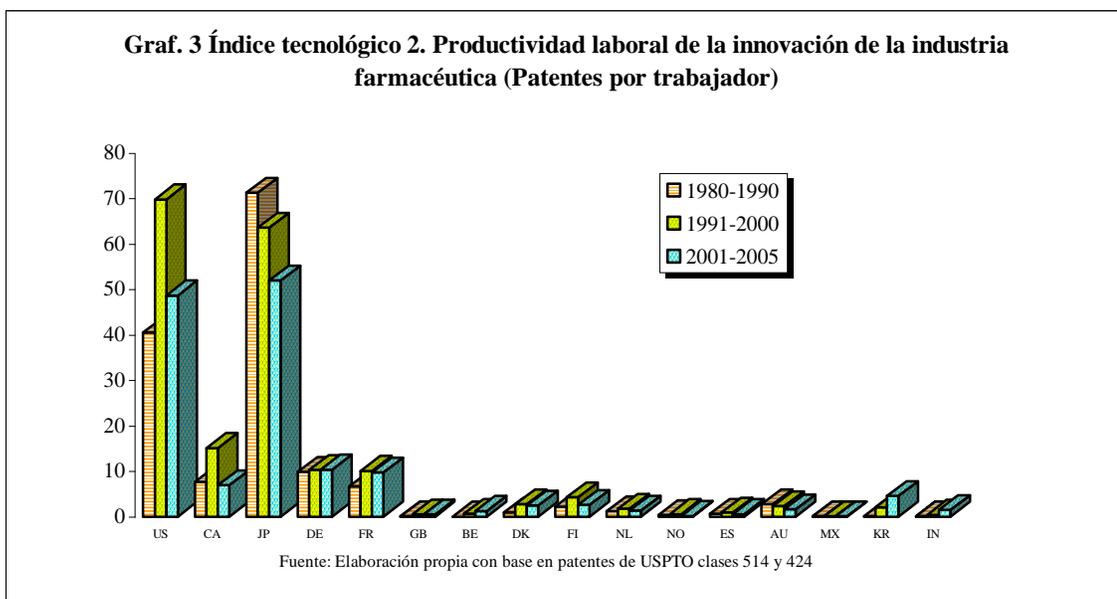
Gráfico 2.B Brechas entre países emergentes y Estados Unidos en el área bio-farmacéutica,1980-2007



En relación a la productividad en innovación en la industria farmacéutica de cada país, medida por el número de empleados (gráfico 3), Estados Unidos y Japón muestran una alta productividad en los dos primeros sub-periodos contrarias al resto de los países desarrollados. Sin embargo, sobresale que, en el sub-periodo de 1991 – 2000, aún cuando Estados Unidos mantuvo el liderazgo, este tuvo una reducción drástica en su nivel de productividad, así mismo, Japón y Canadá también registraron un decrecimiento en su productividad. Respecto a los países europeos, Francia tiene un aumento en el segundo sub-periodo y se mantiene relativamente en el tercero. Por lo contrario, la productividad de innovación de Dinamarca decrece marginalmente, este comportamiento es más acentuado en el caso de Finlandia. En contraste, los países emergentes, India y especialmente Corea, registran una relativa mejora en el desempeño de su productividad. Por

el contrario parte, México tiene un incremento marginal en el segundo sub-periodo, pero un franco rezago en el tercero.

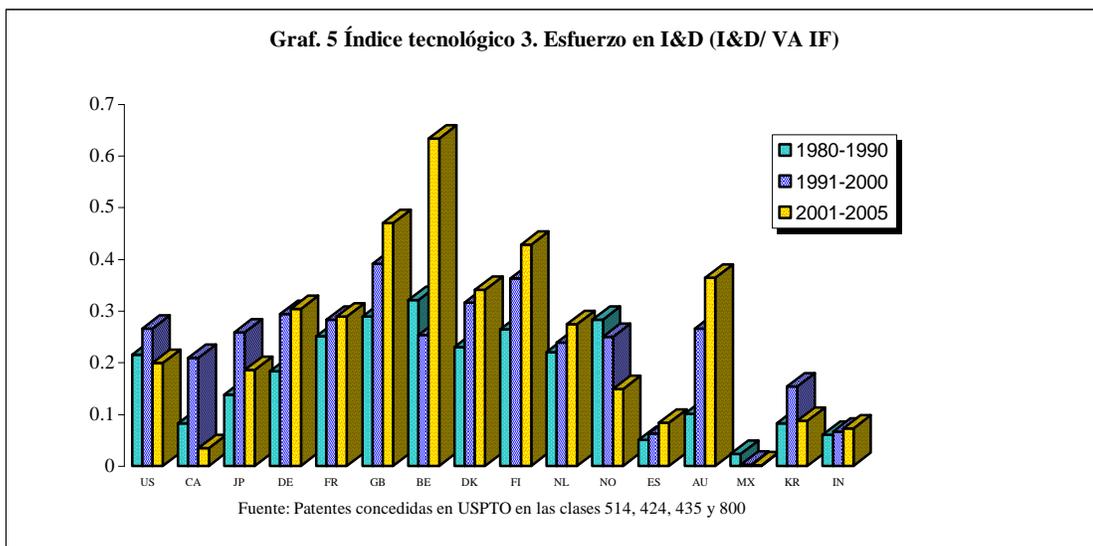
En comparación los dos indicadores tecnológicos basados en patentes, nivel de capacidad inventiva y productividad de la innovación, muestran que no existen diferencias sustanciales entre las tendencias. Pero sobre sale el caso de Canadá con una alta productividad y una mejora en su éxito innovador. Por lo contrario, Dinamarca muestra un mejor desempeño en su capacidad de innovar que en su productividad.



Del índice tecnológico basado en la intensidad de gasto en I&D se desprenden las siguientes observaciones (gráfico 5): los niveles de intensidad en GI&D en relación al PIB del sector farmacéutico entre países industrializados son más homogéneos y la mayoría muestra una tendencia creciente. Considerando los tres sub-periodos, un notable esfuerzo en I&D se aplicó en el tercero, el primer lugar lo ocupa Bélgica, seguido de Reino Unido, Finlandia, Dinamarca y Australia. En el caso de España se registra una tendencia negativa en comparación con los esfuerzos de India.

El índice tecnológico basado en la intensidad de gasto en I&D en los tres países en desarrollo coincide con lo expresado en el índice basado en patentes. Corea logra un crecimiento en

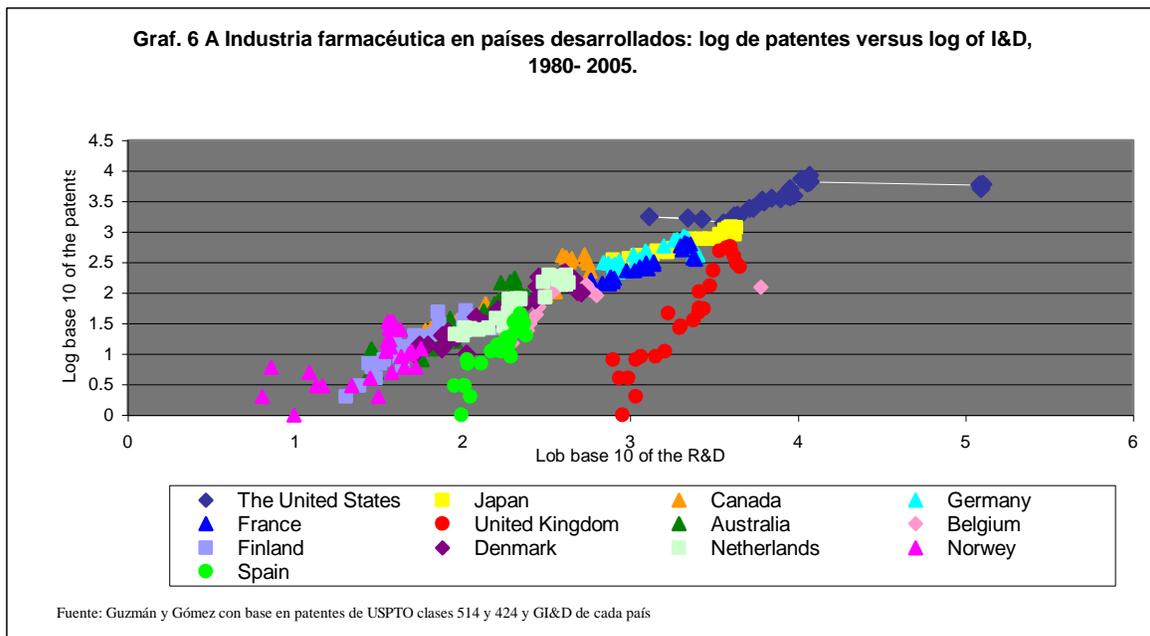
sus esfuerzos de I&D, así como, India, pero con un nivel menor. Finalmente, México está en la posición más débil, presenta una alarmante disminución en su GI&D en la industria farmacéutica y éste no está asociado a la tasa de crecimiento de su valor agregado.



La validación de las patentes y del GI&D como indicador de resultado y de insumo del proceso de innovación, respectivamente, se ha hecho a través de diferentes estudios empíricos (Schmoockler, 1966; Bound, et. al. 1986). En general, los resultados han demostrado que existe correlación entre el número de patentes obtenidas y el GI&D. En estos estudios se detectó que la estimación de patentes posee un componente de ruido que no es explicado por el nivel de GI&D, sino por las variaciones en el interior de la industria y del sistema de patentes. Asimismo influyen las diferencias en los factores de oferta y demanda, que afectan indirectamente el GI&D y, en consecuencia, el nivel de patentes.

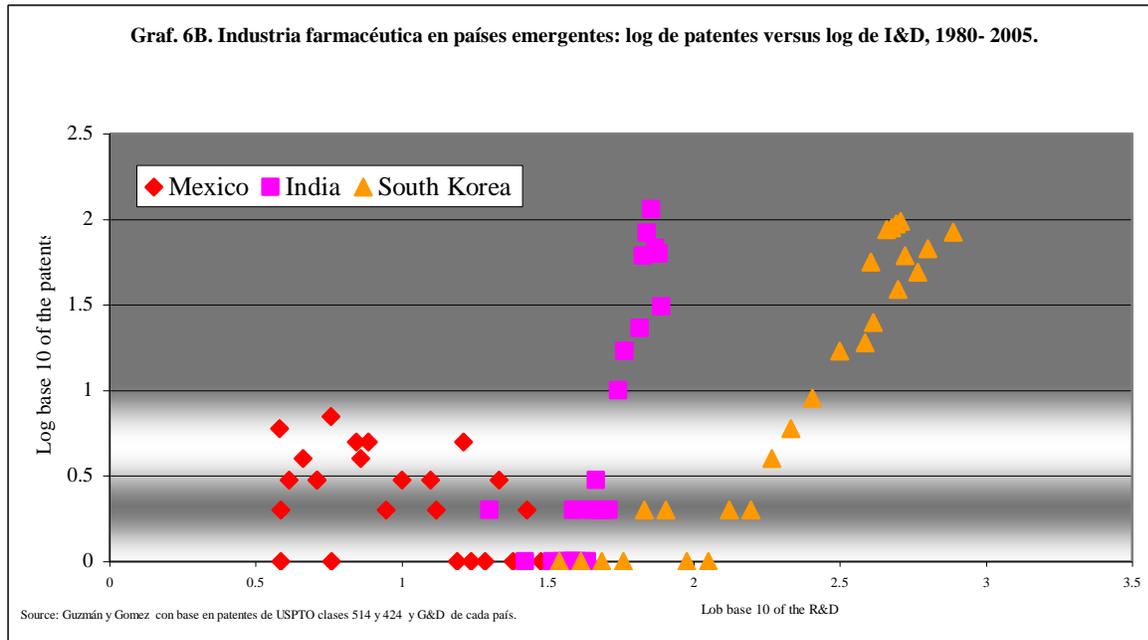
La tasa de crecimiento del GI&D afecta a la tasa de crecimiento de patentes en la industria farmacéutica del país *i* en el periodo *t* en un sentido positivo, es decir, se espera una correlación positiva entre estas dos variables. La validación de este supuesto se muestra a través de diagramas de dispersión, estos muestran los efectos del ritmo del crecimiento del GI&D en el nivel de patentes en la industria farmacéutica de los países industrializados y en desarrollo en el periodo estudiado (gráficos 6a y 6b).

En el análisis del primer diagrama de dispersión (fig. 6a) se observa que en el conjunto de los países industrializados existe un efecto positivo del GI&D en el nivel de patentes, excepto en el caso de España. En el caso de España existe una enorme heterogeneidad entre las empresas farmacéutica, por una parte, existen empresas caracterizadas por capacidades en investigación y desarrollo que han iniciado un sendero de innovación, pero, por la otra, aún existe un grupo significativo de empresas que no se han integrado al círculo virtuoso (D'Este, 2003). Los Estados Unidos confirman su posición de liderazgo en la industria farmacéutica al mismo tiempo que muestra una estrecha correlación entre el GI&D y patentes. En lo que respecta a los países Europeos, se observa una tendencia de crecimiento homogénea, muy cercana a Japón, excepto en el caso de Noruega y Bélgica donde la dinámica de la I&D si impacta a las patentes en sentido positivo pero con un comportamiento irregular. Es importante señalar el caso de Reino Unido, en el cual la influencia de la I&D en patentes es significativa pero la ruta de innovación es diferente a la de los países Europeos por el alto impacto del GI&D en la creación de patentes (pendiente más inclinada).



En los tres países emergentes se observan dos tendencias asociadas a la dinámica de GI&D de la industria farmacéutica, y se reflejan en el nivel de patentes. Por una parte, Corea del Sur con un crecimiento exponencial en su GI&D y la India como seguidora en este bloque de países, el cual es

acompañado por un significativo crecimiento en el nivel de patentes, especialmente desde los años 90's. Por otra parte, contrasta el comportamiento errático de México. México registra una tasa de crecimiento negativa de GI&D en la industria farmacéutica (sobre todo a partir de 1992) y un magro crecimiento en el nivel de patentes (Gráfica 6B).



### ***Brecha tecnológica y convergencia en la Industria Farmacéutica de los países***

El objetivo de esta sección es probar la convergencia incondicional y condicional. El primer concepto, definido como convergencia  $\beta$ , de acuerdo con Barro (1984), Baumol (1986), De Long (1987), Barro (1991) and Barro y Sala-i-Martin (1992), *ocurre si las economías pobres tienden a crecer más rápido que las ricas, tal que el país pobre logre alcanzar al país rico en términos de su nivel de ingreso per-cápita o producto*<sup>4</sup>. El segundo concepto, la convergencia  $\sigma$  o convergencia condicional se refiere a la dispersión de corte transversal y ocurre si la dispersión, medida por la desviación estándar del logaritmo del ingreso per-cápita o producto entre un grupo de países o

<sup>4</sup> R. Barro and X. Sala-i-Martin, 1995: 383.

regiones- declina a través del tiempo (Easterlin, 1968; Borts and Stein, 1964; Streisser, 1979; Barro, 1984, Baumol, 1986, Dowrick y Nguyen, 1989; Barro y Sala-i-Martin, 1991, 1992).<sup>5</sup>

La convergencia  $\beta$  ha sido probada en diferentes países por Baumol (1986), Barro y Sala-i-Martin (1991), entre otros. Barro y Sala-i-Martin (1992) desarrollaron un modelo de convergencia  $\sigma$ , condicional, el cual supone que economías con diferente estructura, pueden converger a pesar de la existencia de factores que condicionan la posición del estado estacionario de dichas economías<sup>6</sup>. Los modelos de convergencia implican factores que han afectado al crecimiento económico abriendo o cerrando la brecha (convergencia condicional). En esta investigación se analiza el crecimiento económico del sector farmacéutico, donde las tasas de crecimiento de patentes y de GI&D podrían afectar la convergencia o divergencia entre países. En el modelo que se propone, se considera a la variable de innovación como un factor condicionante de las diferencias en el estado estacionario de la industria farmacéutica de cada país

#### *Convergencia incondicional (convergencia $\beta$ )*

Siguiendo a Barro y Sala-i-Martin (1991), el proceso de convergencia  $\beta$  ocurrirá en la industria farmacéutica de diferentes países cuando el nivel inicial del valor agregado por empleado ( $Yf/L$ ) es bajo y la tasa de crecimiento es más acelerada que en otros países con un valor agregado por empleado inicial alto<sup>7</sup>. Por lo contrario, el proceso de divergencia se presentará en la industria farmacéutica de los países cuando países con un algo valor agregado por trabajador tienden a crecer de forma más acelerada que aquéllos que poseen un nivel inicial de valor agregado por empleado menor. Esta lógica en el análisis también puede ser aplicada a las variables de patentes y GI&D para probar la convergencia tecnológica. Países con altas tasas de crecimiento (o GI&D) en el caso de un pequeño número inicial de patentes (o GI&D) en relación con aquéllos países con bajas tasas de crecimiento de patentes (o GI&D) y con un número original de patentes alto (o GI&D), estarán cerrando la brecha tecnológica, además, que tendrán un proceso de convergencia y de alcance.

De acuerdo con la estimación de la relación lineal entre la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado (1980 a 2005) y el valor inicial del valor agregado por empleado (1980),

---

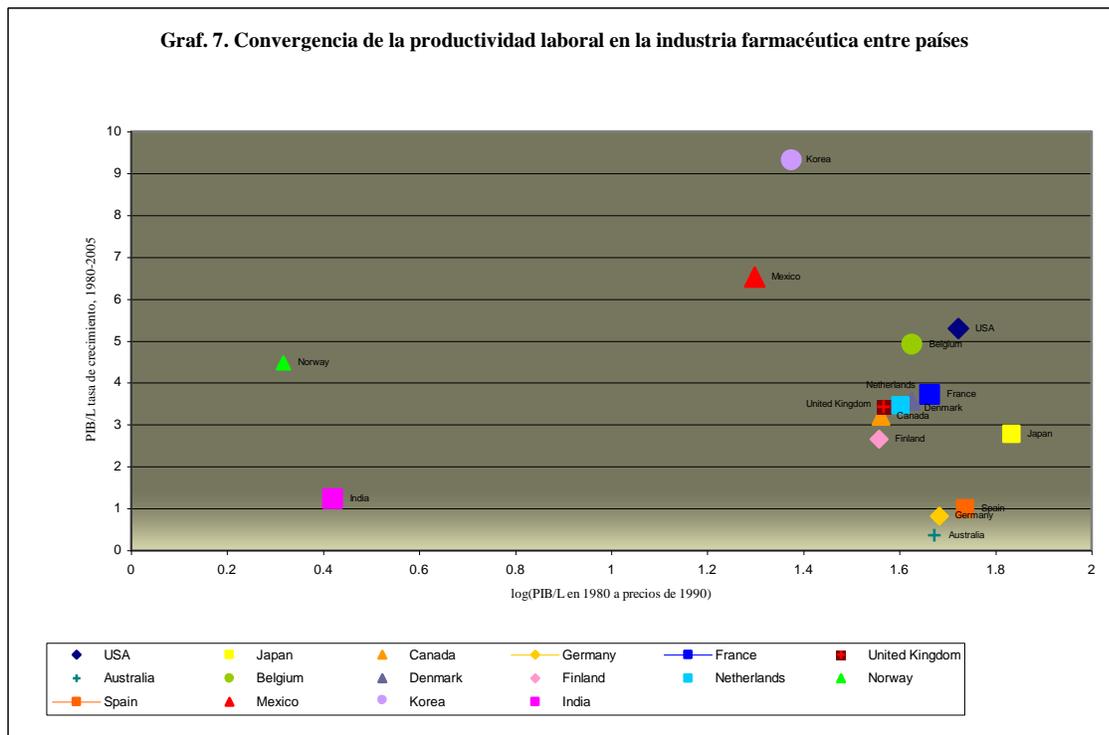
<sup>5</sup> Citado en Barro y Sala-i-Martin, 1995: 383.

<sup>6</sup> En México, se realizó un estudio sobre convergencia absoluta y condicional entre los Estados. See Mendoza, E y V. Torres, 2002. Innovación tecnológica y crecimiento regional en México, 1995 – 2000, *Revista Mexicana de Economía y Finanzas*, Vol 1, No. 3: 187 – 201.

<sup>7</sup> En el caso del PIB, Barro y Sala-i-Martin- aplicaron el Ingreso per-cápita. En este estudio, el valor agregado por empleado se considera como el indicador de productividad laboral.

la gráfica 7 muestra un proceso de convergencia (pendiente positiva) en la mayoría de los casos. Es decir, en el conjunto de los 16 países seleccionados, los países con un nivel original bajo en su valor agregado por empleado han registrado tasas de crecimiento altas, con la excepción de India. En el caso de Noruega, se puede observar un nivel bajo en su valor agregado por empleado, pero una tasa de crecimiento acelerada.

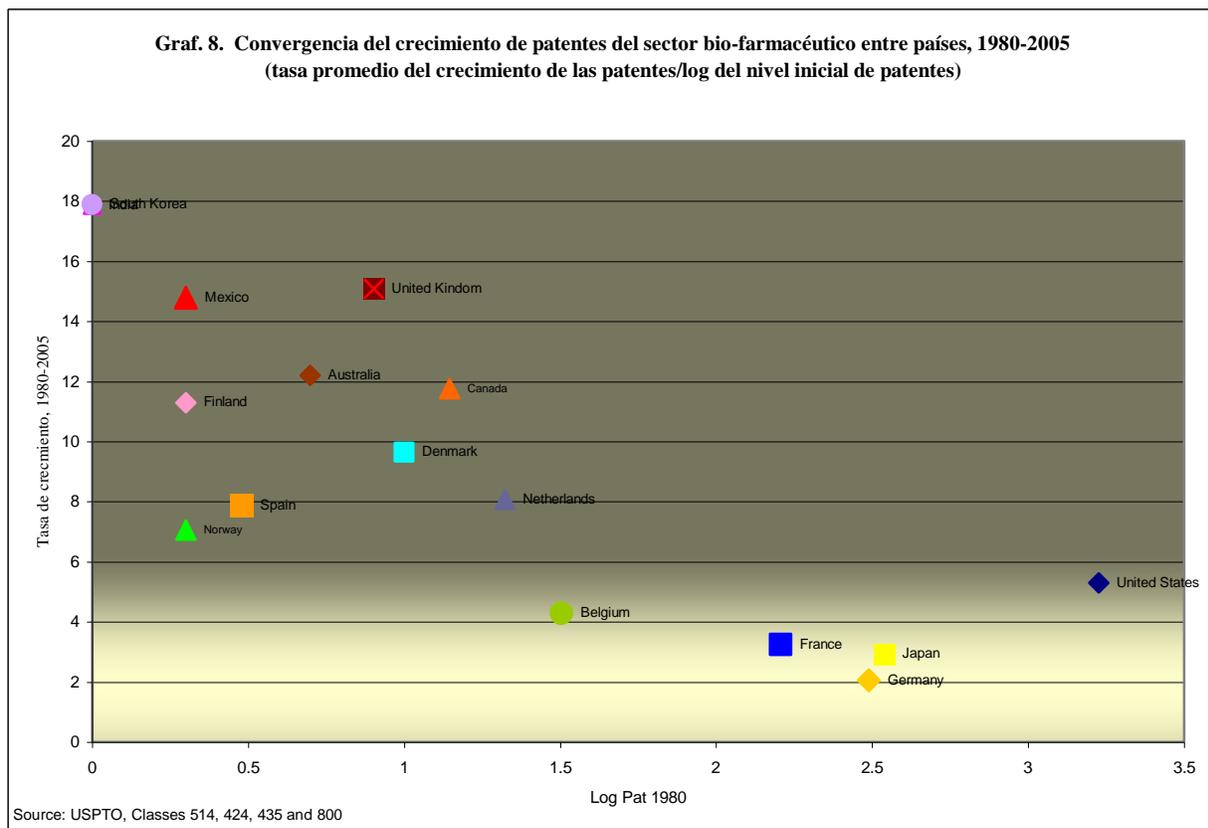
El conjunto de países desarrollados, excepto Noruega, tienen un valor agregado por empleado inicial alto (especialmente Japón) aún cuando sus tasas de crecimiento no son tan aceleradas como la de Estados Unidos y Bélgica, así mismo la dispersión entre los países es reducida. Japón, España, Alemania y Australia muestran una productividad laboral alta pero una tasa de crecimiento más lenta que en los otros países. La acelerada tasa de crecimiento de Estados Unidos confirma su liderazgo internacional en la industria farmacéutica, seguido por Japón y los países Europeos, asociados al desempeño tecnológico (patentes y GI&D). Destaca de manera particular el proceso de convergencia de los países escandinavos (Dinamarca y Finlandia) hacia otros países Europeos (Alemania, Francia y Reino Unido).



En lo que se refiere a los países en desarrollo, se observan dos tendencias (Gráfica 7). La primera es el proceso de *alcance* de Corea y México en relación al nivel de los países desarrollados, y por otro lado, el proceso de divergencia en India. Corea y México tienen las tasas de crecimiento más altas en el conjunto de países seleccionados. Sin embargo, la naturaleza de esta tendencia de convergencia está asociada a diferentes factores. Por una parte, en el caso de México la alta tasa de crecimiento se explica por la expansión de las transnacionales farmacéuticas en el mercado nacional, en el marco del proceso de globalización y en particular, con la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. El mercado farmacéutico (por su volumen en ventas) en México ha registrado altas tasas de crecimiento (más del 10% en algunos años) y está considerado dentro de los 10 mercados más dinámicos del mundo. Pese a la considerable actividad exportadora de México en este sector, las importaciones han crecido más rápido, por lo que la balanza de comercial es negativa. A este hecho se añade la debilidad tecnológica y el magro desempeño innovador de la industria farmacéutica nacional.

Por otro lado, Corea, país recientemente industrializado, ha sido reconocido por su enorme GI&D y sus esfuerzos en innovación, lo que se asocia a su alta tasa de crecimiento en la productividad del sector farmacéutico, lo cual influye notoriamente a la tendencia de alcance. Finalmente, el caso de la India es sorprendente. Este país asiático ha incrementado significativamente sus capacidades de imitación en la producción de genéricos en las dos últimas décadas y ha llegado a ser uno de los principales exportadores de este tipo de productos. Es necesario considerar que el mercado de la India no es tan grande debido al bajo ingreso per-cápita y a la resistencia de su población a tomar tratamiento terapéuticos debido a sus ideas religiosas. Así pese a que los precios de los medicamentos genéricos son significativamente más bajos que los de patente, el volumen de ventas es relativamente bajo en comparación con las ventas en México, país en el que el segmento de medicamentos de patentes es más importante.

Considerando el enfoque de brechas tecnológicas, se cuestiona si la tendencia convergente de la productividad laboral en la industria farmacéutica de los países en desarrollados comparada con la de los países industrializados está explicada por tasas de crecimiento altas de los primeros, enlazadas a sus capacidades tecnológicas. Por lo que, se procede a la prueba de la hipótesis de la convergencia  $\beta$ , condicional, en el caso de las patentes bio-farmacéuticas (identificadas como indicador de innovación) a partir de considerar la relación lineal entre la tasa de crecimiento de patentes de 1980 a 2005 con respecto al logaritmo del nivel de patentes inicial. El gráfico 8 muestra que en algunos países con un bajo nivel de patentes original (1980) registraron tasas de crecimiento altas y otros en la situación contraria (altos niveles originales de patentes y bajas tasas de crecimiento).



### ***Convergencia Condicional (Convergencia $\sigma$ )***

En esta investigación se considera que la productividad laboral (valor agregado por empleado) se ve afectado por variables de innovación (el stock del GI&D y las patentes) y, por ende, al proceso de convergencia, condicionándola (Barro y Sala-i-Martin, 1991). Para probar el impacto de las variables de innovación en el proceso de convergencia en la industria farmacéutica se desarrolla un modelo basado en la propuesta de Fagerberg (1987). Específicamente, se espera que las variables explicativas (Stock del GI&D y Patentes) tengan un signo positivo si contribuyen a la divergencia y un signo negativo si implican convergencia.

Los diferenciales en el nivel tecnológico de la industria farmacéutica de países industrializados y en desarrollo hacen necesario considerar otras variables explicativas asociadas con las condiciones específicas de cada país. En este contexto las variables de la convergencia o divergencia (medida por el valor agregado por empleado de la industria farmacéutica) se considera está en función del valor agregado por empleado en el periodo anterior (productividad laboral en el periodo  $t-1$ ), la disponibilidad de conocimiento (patentes) y los esfuerzos de innovación (Stock de GI&D). Es decir se incluyen tres variables explicativas: i) el valor agregado por empleado en farmacéutica, con un periodo de rezago ( $VA_F/L_{F,t-1}$ ); ii) las patentes del sector en el año previo ( $PAT_{F,t-1}$ ); y iii) el stock del gasto en investigación y desarrollo en la industria ( $STOCKIDIF_{F,t}$ ).

De acuerdo con el modelo de convergencia se asume que las tasas de crecimiento del que el valor agregado por empleado ( $VA_F/L_F$ ) depende de nivel del periodo anterior ( $VA_F/L_{F,t-1}$ ), adicionalmente, se considera con un país con un crecimiento estable en su productividad (valor agregado por empleado) también tendrá mayores posibilidades de alcanzar resultados positivos en el proceso de innovación, es decir, se ampliará la brecha. En esta investigación, para la estimación de la convergencia condicional se incluyen dos variables de innovación:  $PAT_{F,t-1}$  y  $STOCKIDIF_{F,t}$ .

Tal como se señala en el apartado anterior, el nuevo conocimiento, reflejado en las patentes del año anterior (oportunidad tecnológica), es un insumo para la innovación en el

periodo presente ( $PAT_{F,t-1}$ ). Finalmente, el  $STOCKID_F$  es el principal insumo para la innovación<sup>8</sup> y revela los esfuerzos de la industria para permanecer en el mercado.

Con base en lo anterior, el modelo propuesto para estudiar la convergencia  $\sigma$  en la industria farmacéutica de países desarrollados y en desarrollo, es el siguiente:

$$TVA_F / L_{Ft} = f (VA_F / L_{Ft-1}, PAT_{Ft-1}, STOCKID_{Ft})$$

El modelo es analizado a través de cálculos econométricos para el panel de datos, usando la siguiente ecuación:

$$TVA_F / L_{Ft} = c(1) + c(2) * LOG(VA_F / L_{F,i,t-1}) + c(3) * LOG(PAT_{F,i,t-1}) + c(4) * LOG(STOCKID_{it}) + e_{it} \quad \{1\}$$

Donde:

$TVA_F / L_{F,i,t}$  = matriz que representa la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado de la industria farmacéutica del país  $i$  en el periodo  $t$ .

$LOG(VA_F / L_{F,i,t-1})$  = matriz del  $\log_{10}$  del valor agregado por empleado de la industria farmacéutica del país  $i$  en el periodo  $t-1$  en millones de dólares de Estados Unidos a precios de 1990.

$LOG(PAT_{i,t-1})$  = matriz del  $\log_{10}$  de las patentes de la industria farmacéutica del país  $i$  obtenidas en la USPTO en el periodo  $t-1$ .

$LOG(STOCKID_{i,t})$  = matriz de  $\log_{10}$  del stock del GI&D de la industria farmacéutica del país  $i$  en el periodo  $t$  en millones de dólares de Estados Unidos a precios de 1990.

$e_{it}$  = matriz de errores de la industria farmacéutica del país  $i$  en el periodo  $t$ .

### *Evidencia empírica*

Los resultados obtenidos son una estimación del impacto de la innovación a partir de la ecuación empírica propuesta en el trabajo de Fagerberg (1987). Las variables explicativas pueden contribuir a reducir o incrementar la brecha tecnológica y, por ende, la convergencia o divergencia. De existir convergencia se espera que el signo de los coeficientes de las variables explicativas consideradas sea negativo.

El cuadro 1 muestra que el coeficiente de la variable stock del GI&D es positivo (0.014517) y estadísticamente significativo ( $t = 3.382251$ ), esto no sucede en el caso del valor agregado por empleado en el periodo anterior y en las patentes otorgadas en el periodo previo. En

<sup>8</sup> Esto ocurre especialmente en la industria farmacéutica.

estas dos últimas variables el signo del coeficiente fue negativo (-0.005577 y -0.007171, respectivamente), pero la variable de patentes sí es estadísticamente significativa ( $t = -1.020081$ ), en tanto, que la variable del valor agregado por empleado en el periodo anterior no es estadísticamente significativa ( $t = 0.884191$ ).

Es decir, el coeficiente de signo positivo del stock del GI&D sugiere que los países con un bajo nivel en esta variable tendrán un crecimiento más lento que aquellos con un nivel inicial alto. Esto significa que la variable de innovación stock del GI&D sí impacta al proceso de divergencia económica en la industria farmacéutica del grupo de países considerados. Así pues, los países con mayores niveles de GI&D tendrán mayores niveles de valor agregado por empleado, lo que favorece y extiende la brecha tecnológica.

Por lo contrario, el signo negativo de la variable de patentes (-0.007171) revela que más patentes no necesariamente conllevan a tasas de crecimiento más alta. Aún cuando la patente otorga el monopolio comercial, existe un importante proceso de diseminación del conocimiento asociado a éste instrumento de propiedad intelectual, el cual favorece y da ventajas a los países tecnológicamente seguidores, por ende, es de esperar que la mayor disponibilidad de conocimiento contribuya a reducir la brecha tecnológica, es decir, a la convergencia (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Modelo de convergencia: países industrializados y en desarrollo.**  
Variable dependiente: tasa de crecimiento del valor agregado por empleado ( $TVA_F/L_F$   $it$ )

<i>Variable</i>	<i>Coefficiente</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Prueba t</i>	<i>Prob.</i>
$LOG(VA_F/L_F)_{i,t-1}$	-0.005577	0.006307	-0.884191	0.3772
$LOG(PAT)_{i,t-1}$	-0.007171	0.007030	-1.020081	0.3084
$LOG(STOCKID)_{i,t}$	0.014517	0.004292	3.382251	0.0008
Durbin-Watson 2.463449				

**Fuente:** elaboración propia. Método Mínimos Cuadrados en panel de datos, periodo de 1980-2005, 16 países, 25 observaciones por país. Al considerar el estadístico Jarque-Bera para cada una de las variables, los resultados de la probabilidad muestran que las series están normalmente distribuidas. En relación a la heterocedasticidad, la prueba Goldfeld-Quand se aplicó dividiendo la muestra en dos subgrupos, de acuerdo a la distribución de sus residuales, el resultado indica, al 5% en una distribución F, la presencia de homocedasticidad. Este resultado es respaldado a su vez con la prueba de Brown-Forsythe, la cual, al 5% en una distribución F, muestra que no es posible rechazar la hipótesis de homocedasticidad. El test de Brown-Forsythe de acuerdo a Canover 1981, Brown y Forsythe 1974a y 1974b es superior al de Barlett en términos de robustez. También se conoce como de Levene modificado

La productividad laboral en el periodo anterior no es significativa, es decir, no contribuye a explicar el proceso de convergencia o divergencia entre los países. En el gráfico 7 se observó que, en efecto, no en todos los países era evidente la convergencia (India y Noruega), pero sí en 16 de ellos, que son en su mayoría industrializados.<sup>9</sup>

La heterogeneidad y la dinámica de crecimiento de la productividad laboral de la industria farmacéutica de países desarrollados y en desarrollo durante el periodo analizado son explicadas por los diferenciales en los esfuerzos de innovación (stock del GI&D), que contribuyen a abrir la brecha, y por la ventaja que representa la oportunidad tecnológica (patentes del año previo), que reduce la brecha por la disponibilidad de conocimiento. No obstante, no se puede ignorar el alto nivel de innovación de los países industrializados, en tanto, que los países en desarrollo están asociados a un rezago tecnológico substancial.

Por lo tanto, es indispensable considerar las diferencias entre países industrializados, con un alto nivel tecnológico, y los países en desarrollo que dependen básicamente de la transferencia de tecnología externa y de su habilidad para asimilarla. Por lo tanto, es conveniente evaluar el modelo por bloques, separando los países industrializados de los países en desarrollo.

### ***Brechas tecnológicas en la industria farmacéutica de países desarrollados***

En el bloque de los países industrializados (cuadro 2), se observa que la variable de innovación tiene un impacto positivo en el desarrollo tecnológico, pero menos que proporcional ( $STOCKID_{i,t}$ , con un coeficiente de 0.010525). De hecho, el GI&D es la única variable estadísticamente significativa para explicar los diferenciales en la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado de la industria farmacéutica de los países desarrollados ( $t=2.567841$ ). Estos resultados muestran que la variable dependiente, no es explicada por los niveles iniciales de la productividad por trabajador ( $VA_F/L_F_{i-t}$ ) ni por las patentes obtenidas en bio-farmacéutica por cada país, es decir, no son variables estadísticamente significativa para explicar la brecha entre los países ( $t = -0.929003$  y  $t = -0.102757$ , respectivamente). La brecha, es decir, la

---

<sup>9</sup> Cabe mencionar que sí el modelo de corre a partir de dicha heterogeneidad, es decir, considerando efecto fijos, los resultados son sustancialmente similares.

divergencia en las tasas de crecimiento es explicada por el GI&D. Así, los países con niveles iniciales de esfuerzos en I&D (GI&D) alcanzarán tasa de crecimiento más grandes. Este resultado confirma, que en el proceso de innovación, el GI&D es una condición ex – ante.

**Cuadro 2. Modelo de Convergencia. Países industrializados.**  
**Variable Dependiente: Tasa de crecimiento del valor agregado por empleado en países desarrollados.**

$TVA_F/L_F_{it}$				
<i>Variable</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>
$LOG(VA_F/L_F_{i,t-1})$	-0.006950	0.007481	-0.929003	0.3536
$LOG(PAT_{i,t-1})$	-0.000997	0.009705	-0.102757	0.9182
$LOG(STOCKID_{it})$	0.010525	0.004099	2.567481	0.0107

Durbin-Watson  
2.542343

**Fuente:** elaboración propia. Método Mínimos Cuadrados en panel de datos, periodo de 1980-2005, 13 países, 25 observaciones por país. Al considerar el estadístico Jarque-Bera para cada una de las variables, los resultados de la probabilidad muestran que las series están normalmente distribuidas. En relación a la heterocedasticidad, la prueba Goldfel-Quand se aplicó dividiendo la muestra en dos subgrupos, de acuerdo a la distribución de sus residuales, el resultado indica, al 5% en una distribución F, la presencia de homocedasticidad. Este resultado es respaldado a su vez con la prueba de Brown-Forsythe, la cual, al 5% en una distribución F, muestra que no es posible rechazar la hipótesis de homocedasticidad.

### ***Brechas tecnológicas en la industria farmacéutica de países emergentes***

Cuando el modelo de panel es calculado para el mismo periodo pero sólo para los países en desarrollo en el cuadro 3 (México, India y Corea), los resultados revelan que la variable del stock del GI&D tiene un efecto positivo (0.0.13286) y significativo (1.389616). En este caso, al igual que en el grupo de países industrializados, los valores iniciales de la productividad por empleado y del nivel de patentes no son estadísticamente significativos para explicar la brecha tecnológica ( $t=0.405693$  y  $t= 0.104670$ , respectivamente). En el caso de México, la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado, en el periodo, es alta, sin embargo el crecimiento promedio de GI&D y de patentes tienen un comportamiento errático. Así mismo, es importante resaltar que para los países en desarrollo, la influencia negativa de las patentes esta vinculada a su estrategia de imitación, que se apoya en la transferencia de tecnología. El sendero imitativo ha permitido acortar el proceso de innovación en algunos casos, pero en otros la transferencia tecnológica se adoptado de manera pasiva.

**Cuadro 3. Modelo de convergencia en países emergentes**  
**Variable Dependiente: Tasa de crecimiento del valor agregado por empleado.**  
 $TVA_F/L_F_{it}$

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico t	Probabilidad
$LOG(VA_F/L_{Fi,t-1})$	0.004161	0.010256	0.405693	0.6862
$LOG(PAT_{i,t-1})$	-0.001746	0.016683	-0.104670	0.9169
$LOG(STOCKID_{it})$	0.013286	0.009561	1.389616	0.1689

Durbin-Watson  
2.297895

**Fuente:** elaboración propia. Método Mínimos Cuadrados en panel de datos, periodo de 1980-2005, 13 países, 25 observaciones por país. Al considerar el estadístico Jarque-Bera para cada una de las variables, los resultados de la probabilidad muestran que las series están normalmente distribuidas. En relación a la heterocedasticidad, la prueba Goldfel-Quand se aplicó dividiendo la muestra en dos subgrupos, de acuerdo a la distribución de sus residuales, el resultado indica, al 5% en una distribución F, la presencia de homocedasticidad. Este resultado es respaldado a su vez con la prueba de Brown-Forsythe, la cual, al 5% en una distribución F, muestra que no es posible rechazar la hipótesis de homocedasticidad.

Los resultados del panel de países emergentes dan evidencia de las diferentes rutas de innovación que han seguido en este grupo (Cuadro 3), explicadas por su desarrollo tecnológico, es decir, por su habilidad de aprendizaje y de absorción de la tecnología extranjera. Por una parte, Corea logró reducir la brecha con respecto a los países industrializados. Por otra parte, México con una tendencia de convergencia absoluta, pero con un desempeño errático en sus variables de innovación (patentes y GI&D), ampliando su brecha tecnológica.

Diferentes estudios han identificado al gasto en educación, en I&D, y en transferencia tecnológica como las principales fuentes de crecimiento de la economía Coreana (Amsdem, 1989; World Bank, 1993). No obstante, que el fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual (DPI) en la industria farmacéutica fue apresurado (1987) – frente a la presión de estados Unidos- cuando Corea “aún no tenía la capacidad suficiente para desarrollo su mercado de medicamentos a nivel internacional” (La Croix y Kawaura, 1996). Sin embargo, aún cuando Corea registró una pérdida en su bienestar, es indudable que los países asiáticos ya habían iniciado un sendero de convergencia porque iniciaron desde años anteriores la construcción de sus capacidades tecnológicas. India siguió una estrategia opuesta, al retrasar la adopción de DPI fuertes y continuar con una actividad de imitación intensiva en medio ambiente de protección a las empresas domésticas (Lanjow y Cockbrun 2000). Finalmente, México adopta un sistema de propiedad intelectual fuerte acorde a los ADPIC en vísperas de la firma del TLCAN. México

adoptó los ADPIC en 1991, pese a que a las firmas domésticas se les había anunciado que sería hasta 1997 cuando éstos se adoptarían, 10 años después de haber ingresado al GATT. La ausencia de un círculo virtuoso en la industria farmacéutica mexicana podrían ser entendida por la baja inversión en I&D, es decir, por su bajo nivel inicial en esfuerzos de innovación (Guzmán and Brown, 2003). Pero también por el tipo de empresarios los cuales crecieron en un ambiente de proteccionismo durante varias décadas y se habituaron a las generosas ganancias derivadas del aprovisionamiento de medicamentos genéricos al sector salud pero sin la construcción necesaria de capacidades tecnológicas enfocadas a la innovación y no a la imitación (Guzmán y Zúñiga, 2004). México ha invertido en la formación de científicos (médicos, biólogos, químicos, entre otros) con una producción científica internacional de alto impacto (por cita de artículos) pero que no ha sido capitalizado por la industria a través de la generación de sinergias.

## CONCLUSIONES

Considerando el principal propósito de este trabajo, el eje de la investigación era demostrar si existe convergencia o *alcance* entre países emergentes con respecto a los industrializados en la industria farmacéutica, caracterizada por ser intensiva en tecnología y conocimiento a partir de identificar los principales factores que inciden en dicho proceso.

Con el fin de probar la hipótesis de que el crecimiento de la convergencia/divergencia en el sector farmacéutico entre países industrializados, por un lado, y países emergentes con respecto a países industrializados, por el otro, está fuertemente vinculada a las brechas de innovación y tecnológicas, inicialmente se corroboró la importancia de la retroalimentación que existe el GI&D y las patentes para impulsar las capacidades de innovación de los países industrializados en la industria farmacéutica.

De acuerdo a la teoría, las posibilidades de alcance en la industria farmacéutica de países emergentes pueden ser explicadas por mayores tasas de crecimiento que aquéllas que registran los países industrializados, vinculados a capacidades tecnológicas e institucionales. Sin embargo, en esta investigación se observaron dos tendencias diferenciadas. Primero, entre los países industrializados el proceso de convergencia y de *alcance* hacia el líder (Estados Unidos) esta

claramente vinculado al círculo virtuoso, en el que los esfuerzos en I&D, conjuntamente con la transferencia tecnológica y las patentes contribuyen a fortalecer la capacidad de innovación. El GI&D, particularmente, ha tenido una influencia significativa en el proceso de alcance. En comparación con el líder en innovación y tecnológico, Estados Unidos, otros países, especialmente Japón han realizado un enorme esfuerzo en GI&D, superando las tasas de crecimiento de este indicador, así como, en el indicador de patentes, lo cual ha abonado a un proceso convergente. A pesar de la homogeneidad de los países Europeos (excepto España), Japón y Canadá, se distingue la dinámica de cuatro países que han desarrollado una tendencia convergente: Japón, Francia, Alemania y Reino Unido. Así mismo, el grupo de los nórdicos y Canadá si han logrado la convergencia pero un menor nivel.

Los países emergentes, a su vez, mantienen profunda brecha, especialmente si se considera el nivel de GI&D y patentes. No obstante a que algunos países emergentes han mostrado una tendencia de convergencia en la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado, esta no se confirma si se considera las variables tecnológicas. Así, mientras, la dinámica de crecimiento de la industria farmacéutica de Corea esta asociada a un enorme esfuerzo en sus variables de innovación (GI&D y patentes), en el sentido contrario, la convergencia en el crecimiento del valor agregado por empleado de la industria farmacéutica de México no se explica por el desarrollo de capacidades tecnológicas e institucionales, pues es evidente la tendencia tecnológica divergente (GI&D y patentes).

Al estimar la convergencia/divergencia condicional en la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado en la industria farmacéutica, entre los países industrializados y en desarrollo, se encontró que la variables estadísticamente significativas son las relacionadas a las capacidades de innovación: el stock en el GI&D con un coeficiente positivo, es decir, los esfuerzos por innovar contribuyen a ampliar la brecha entre los países; en tanto que la disponibilidad de conocimiento (patentes del periodo anterior) es de signo negativo, por lo que, favorece la convergencia entre los países.

En el bloque de los países industrializados a nivel panel, se corrobora que en los países desarrollados la tendencia de convergencia/divergencia está altamente correlacionada con el stock de GI&D.

En los países en desarrollo, se encontró que la brecha tecnológica, también se explica por el stock del GI&D. Sin embargo, observando las diferencias en el sendero de los países emergentes seleccionados se encontró que, por un lado, India y Corea han reducido relativamente la brecha tecnológica con respecto a los países industrializados. No obstante, que ambos han logrado niveles importantes en sus variables de innovación, GI&D y patentes, Corea tiende a la convergencia en valor agregado por empleado y la India la mantiene rezagada. Por otra, México muestra una tendencia a la convergencia en su valor agregado por empleado, pero con un comportamiento errático en sus variables de innovación, tiende a ampliar la brecha tecnológica. Una comprensión mayor de estas tendencias está asociada al análisis de sus sistemas nacionales y sectoriales de innovación y cómo en este contexto han construido sus capacidades tecnológicas que favorezcan o inhiban un círculo virtuoso entre inversión en capital e innovación.

## **METODOLOGÍA**

### ***Datos y fuentes.***

El GI&D favorece tanto los procesos de aprendizaje como los procesos de búsqueda de innovaciones; es una condición necesaria para la innovación. Sin embargo, diferentes estudios (Grilliches, 1990; La Croix y Kawaura, 1996) han demostrado que el efecto del GI&D persiste por varios periodos, en consecuencia, el estudio de su efecto mas que enfocarse al GI&D de cada periodo, debe inclinarse al *stock* (presencia del GI&D por mas de un periodo).

El *stock* de GI&D se calcula con base en el método de inventarios perpetuos (Mohen, 1990):

$$SGIDIF = \sum_{\tau=0}^3 \delta^{\tau} (GI \& D_{i,t-\tau})$$

Donde  $GI\&T_i$  es el gasto en investigación y desarrollo del país  $i$  en el periodo  $t$ , en millones de dólares estadounidenses, deflactado a precios de 1990. El número de rezagos aplicados es de 3 ( $\zeta = 0, 1, 2, 3$ ), supuesto que se retoma del trabajo de Grilliches (1979) en el que se argumenta que los efectos de la GI&D persisten aproximadamente de tres a cuatro años. De acuerdo con el mismo autor, la tasa de obsolescencia se asume de 15% anual ( $\delta$ ). Para efectos de este cálculo, se debe tomar en cuenta que el *stock* de GI&D implicó que se perdieran tres observaciones (1978, 1979, 1980), reduciéndose el tamaño de la muestra de 25 a 22 observaciones por país.

Uno de los problemas a los que se enfrentan las investigaciones sobre innovación es la carencia de series de largo plazo de GI&D, especialmente para países en desarrollo a nivel de industria y ramas. La OCDE ha realizado un esfuerzo para sistematizar las series de GI&D de países industrializados; sin embargo, la información, que data desde finales de los años setenta, no es completa para todos los países e incluso se carece de ella. Tal es el caso de México, que pertenece a la OCDE aunque es un país en desarrollo. Para esta investigación los datos de GI&D en la industria farmacéutica por países industrializados se obtuvieron de la base de datos de la OCDE, *Research and Development Expenditure Industry* (2000). En virtud de la ausencia de estos mismos datos para los países en desarrollo, el GI&D de la industria farmacéutica de México se estimó con base en la Enestyc e INEGI-Conacyt. Respecto a Corea del Sur se consideró el gasto total en ciencia y tecnología (proporcionado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología) y el porcentaje promedio destinado al sector medicinas, precisión, medición e instrumentos exactos. Para la India el cálculo se basó en los datos proporcionados por la *Organisation of Scientific of India* utilizando el gasto en investigación y desarrollo en el sector salud como un aproximado del GI&D en la industria farmacéutica.

Uno de los principales problemas al utilizar las patentes es el nivel de agregación, al igual que otras medidas de innovación, éste tiene el problema de la heterogeneidad en su valor: sumar patentes implica que invenciones con diferentes significados económico y tecnológico se mezclan<sup>10</sup>. En este estudio se optó por el criterio de un mercado común para comparar la actividad de patentamiento de todos los países seleccionados con las patentes otorgadas por la oficina de patentes de Estados Unidos. Finalmente, todos los países son sometidos a las mismas reglas en dicha oficina. Considerando la alta propensión de los residentes del país a patentar en su mismo país, se cuestiona la pertinencia de considerar a Estados Unidos.<sup>11</sup> Sin embargo, la importancia de Estados Unidos en la industria farmacéutica favorece la tendencia a un mayor patentamiento de los no residentes. Así, la información anual de patentes concedidas a cada país en Estados Unidos se obtuvo de la base de datos de la *United States Patent and Trademark Office* (USPTO). La búsqueda se realizó tomando como base las clases 514 (*Medicamentos y compuestos para el tratamiento de infecciones biológicas o corporales*) y 424 (*Drogas,*

---

<sup>10</sup> Archibugi (1992), p. 359

<sup>11</sup> Algunos estudios de patentamiento entre países señalan que las diferentes regulaciones dificultan la comparación, por lo que proponen la consulta de un mercado común como el USPTO (Soete, 1981). Otros estudios prefieren consultar las patentes de no residentes en el mercado mundial registrado en el World Intellectual Property Organisation (WIPO) debido a que en éste se contabilizan las concesiones de patentes del país x en todos los países con excepción del país x. Este nivel de patentes externo puede correlacionarse con el nivel de sus exportaciones (Fagerberg, 1987).

*compuestos terapéuticos de afecciones biológicas y del cuerpo*) y aquellas vinculadas a la biotecnología: 435 (*Química: molecular y microbiología*) y 800 (*Organismos vivos multicelulares partes inmodificadas relacionadas a procesos*) de la clasificación de la USPTO y del Manual de Patentes de la OCDE. Se consulta la USPTO por el volumen de información sistematizada que posee, ello vinculado a la importancia que tiene Estados Unidos en la competencia tecnológica.

Los datos para el valor agregado de la industria farmacéutica de cada país se obtuvieron del *Stan database* (OCDE) varios años, excepto para India. Para este país se consultó el *Statistical Yearbook* (varios años). El valor agregado a precios corrientes se deflactó con base en precios de 1990= 100.00. La conversión a dólares se realizó a través de la paridad de poder adquisitivo (PPA) de cada país con relación a Estados Unidos a precios de 1990 con base en las *Estadísticas Financieras Internacionales* de 1978 al 2005.

El PIB per cápita nacional se calculó con base en el PIB y la población de cada país. Los datos del PIB de cada país en su moneda nacional provienen de la *Stan data base* de la OCDE de varios años, con excepción de la India. Para este último país se consultó el Anuario Estadístico nacional de ese país. El PIB a precios corrientes se deflactó con base en precios de 1990= 100.00. La conversión a dólares se realizó a través de la Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) de cada país con relación a Estados Unidos a precios de 1990 con base en las *Estadísticas Financieras Internacionales* de 1978 al 2002. La población de cada país se obtuvo de las *Estadísticas Anuales de Población* de la ONU, varios años.

Con el fin de analizar la brecha tecnológica y la tendencia de convergencia o divergencia en la industria farmacéutica de los países seleccionados se calcularon tres indicadores y el promedio de cada uno de ellos en tres diferentes periodos. El primero, basado en patentes se construyó normalizando el nivel de patentes de la farmacéutica en función del tamaño del país por su población en millones de habitantes, que en otros términos es la habilidad inventiva del país, y su coeficiente exportador. El segundo, se refiere a la productividad de innovación en la industria farmacéutica, se estimó por patentes otorgadas entre el número de empleados en el sector farmacéutico de cada país. El tercero, representa los esfuerzos de I&D de la farmacéutica, se calculó a partir de los gastos en I&D en la farmacéutica como porcentaje del PIB del sector. La periodización corresponde a reformas en las leyes de propiedad intelectual en el marco del GATT y en la OMC; el valor de cada intervalo se obtuvo a través de calcular la media aritmética.

Posteriormente, con el fin de analizar la dinámica de innovación en el conjunto de los países seleccionados, se analizó la relación entre las dos variables de innovación seleccionadas – gasto en I&D y patentes- a través de graficar el log base 10 de la patentes vs el GI&D (correlogramas).

Finalmente, la convergencia absoluta se analizó a través de graficar la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado de la industria farmacéutica en el periodo de 1980 a 2005 en relación al valor inicial del periodo. En tanto que la convergencia condicional, prueba de convergencia  $\beta$ , se considero el modelo de Barro. Es decir, se estimó por la tasa de crecimiento del valor agregado por empleado en la industria farmacéutica, entre los países industrializados y en desarrollo, explicada por tres variables: i) valor agregado por empleado en el año anterior (productividad inicial en cada periodo t); ii) stock del GI&D (esfuerzos por innovar); y iii) patentes en el periodo anterior (disponibilidad de conocimiento al inicio de cada periodo). Aplicando la metodología de panel de series de tiempo y corte seccional para el conjunto de países.

En la metodología utilizada se recomienda tener muestras superiores a 60 observaciones, en este caso se tienen 16 países con 25 observaciones para cada país, es decir, es una muestra de 400 observaciones, lo que reduce considerablemente la posibilidad de inestabilidad en la estimación.

Los resultados obtenidos de los modelos propuestos presentan: i) el tamaño de la muestra ( $n$ )<sup>12</sup>; ii) el valor estimado del parámetro y la desviación estándar (SD)<sup>13</sup>; iii) el estadísticos de autocorrelación: Durbín Watson (DW)<sup>14</sup>. Se omiten los valores de  $R^2$  y de la  $R^2_a$ , por ser mediciones que no poseen confiabilidad (Pierce, 1979). Se utiliza el paquete Eviews que incorpora las rutinas necesarias para las estimaciones.

---

<sup>12</sup> Una muestra pequeña (menor a 60 observaciones) proporciona estimaciones inestables: presencia de autocorrelación y el estadístico t es muy pequeño.

<sup>13</sup> El valor del estadístico t se obtiene a partir de dividir el valor estimado del parámetro entre la desviación estándar.

<sup>14</sup> Los residuales del modelo deben ser mutuamente independientes, es decir no debe existir autocorrelación. La prueba de verificación de este supuesto se hace con base en el estadístico DW, si  $DW \approx 2$  entonces se rechaza la hipótesis de la autocorrelación. La prueba conjunta de este supuesto se hace con el estadístico

## BIBLIOGRAFÍA

- Abramowitz, M. y P. David (1966), Convergence and Deferred Catch-up Productivity Leadership and the Waning of American Exceptionalism, in R. Landau et al (eds), *The Mosaic of Economic Growth*, Stanford, Stanford University Press, pp. 21-62.
- , 1986. Catching Up, Forging Ahead and Falling Behind, *Journal of Economic History*, pp. 385-406.
- Amsden, A. (1989), *Asia Next Giant. South Korea and late industrialization*, Oxford University.
- Archibugi, D. (1992), Patenting as an indicator of technological innovation: a review, *Science and Public Policy*, December.
- Archibugi, D- y A.Coco ( 2004), Measuring technological capabilities at the country level: a comparison among different approaches. *Rome: Italian National Research*.
- Barro, R.J. (1984), *Macroeconomics*, Nueva York, Wiley.
- Barro, R y X. Sala-i-Martin, (1991), Convergence Across Status and Regions, *Brooking Papers of Economic Activities*, pp. 107-182.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin (1991), "Economic Growth in a Cross Section of Countries", *Quarterly Journal of Economics*, Vol 102 (2) mayo, pp. 407-443.
- Barro, R. y X. Sala-i-Martin (1992), Convergence, *Journal of Political Economy*, Vol. 100 (2), pp. 223-251
- Barro, R. y Sala-i-Martin, X. (1995), *Economic Growth*, Nueva York, Mc Graw Hill.
- Baumol, W. (1986), "Productivity growth, convergence and welfare: what the long-run data show", *American Economic Review*, No. 76, pp.1072-1085.
- Borts, G. H. y J.L. Stein (1964), *Economic Growth in a Free Market*, Nueva York, Columbia University Press
- Bound, J., C. Cummins, Z. Griliches, Z., B. H. Hall y A. Jaffe (1984): "Who Does R&D and Who Patents", Z. Griliches, Z. (Ed.) *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press.
- Brown, M. B. y A. B. Forsythe (1974), "Robust Tests for Equality of Variances", *Journal of the American Statistical Association*, 69, pp. 364-367.
- Canover, W y R.L. Iman (1981), Rank "Transformations as a Bridge Between Parametric and Nonparametric Statistics", *The American Statistician*, Vol. 35 (.3), pp. 124-134.
- Cornwall, J. (1977), "Diffusion, Convergence and Kaldor's Law", *Economic Journal*, No. 85, pp. 307-314.
- D'Este, P. (2003), Persistent knowledge specialization and intra-industry heterogeneity: an analysis of the Spanish Pharmaceutical Industry, *Working Paper Science and Technology Policy Research University of Sussex*, November.
- DeLong, B. (1987), Have productivity levels converged?, *Working Paper*, MIT, Cambridge, MA.
- Dowrick S. y D.T. Nguyen (1989), "OCDE Comparative economic growth 1950-1985: Catch-up and convergence, Paris, OCDE.
- Easterlin, R. A. (1968), "Economic growth: An overview" *International encyclopedia of the social sciences*, Vol. 4, pp.395-408. Nueva York, Macmillan
- Evenson, R., (1991), "Patent data by industry: evidence for invention potential exhaustion?" *Technology and Productivity: The challenge for economic policy*, Paris, OCDE, pp. 233-247.
- Fagerberg, J., 1987. A technology gap approach to why growth rates differ, *Research Policy*, No. 16, pp.87-99.
- Gershenkron, A. (1952) "Economic Backwardness in Historical Perspective" in B.F. Hoselitz (ed) *The Progress of Underdeveloped Areas*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 3-29.
- Gomulka, S. (1990), *The Theory of Technological Change and Economic Growth*, Londres y Nueva York, Routledge.
- Gomulka, S. (1971), "Inventive Activity, Diffusion and Stages of Economic Growth", *Skripter fra Aarhus Universitets Okonomiske Intitut*, No. 24, Dinamarca, Aarhus.

Griliches, Z. (1979), "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *Bell Journal of Economics*, No. 10, pp. 92-116.

-----, 1990. Patent Statistics as Economic Indicators: a Survey, *Journal of Economic Literature*, Vol. XXVIII, December, pp. 1661- 1707.

Guellec, D. (1993). « Économie et technologie. Quelques points de repère théoriques », Guellec, D., *Innovation et Compétitivité*, Insee Méthodes No.37-38, Paris, *Economic Insee*, pp.11-37.

Guzmán, A. y F. Brown (2003). Oportunidades tecnológicas y diseminación del conocimiento tecnológico en la industria farmacéutica de México, *X Seminario ALTEC*, Mexico, October.

Guzmán, A., J. Ludlow, J. y H. Gómez (2004), "Brechas tecnológicas y de innovación entre países industrializados y países en desarrollo en la industria farmacéutica", *Investigación Económica*, Vol. LXIII, 248, abril – unio, pp. 95 – 145.

Guzmán, A. y M. P. Zúñiga (2004), "Patentes en la industria farmacéutica de México: los efectos en la I&D y la innovación" *Comercio Exterior*, vol 54 (12), pp..

Guzmán, A. (2008) *Sistemas de patentes y de innovación en el sector bio-farmacéutico de América Latina. Argentina, Brasil y México*, Documento Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, Ginebra.

La Croix, S. y A. Kawaura (1996), "Product Patent Reform and its Impact on Korea's Pharmaceutical Industry, *International Economic Journal*", Vol. 10 (1), pp. 109-124

Landau, R., B. Achilladelis y A. Scriabine (1999): "Pharmaceutical Innovation", Filadelfia, Chemical Heritage Press.

Lanjow, J. y I. Cockburn (2000). "Do patents matter? Empirical evidence after GATT", NBER working paper 7495, Cambridge.

Lanjow, J. (1998), "The introduction of pharmaceutical products patents in India: Heartless exploitation of the poor and suffering", *NBER*, WP 6366.

Lucas, R.E. (1988), "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, no. 22.

Madisson, 1982. *Phases of Capitalist Development*, New York, Oxford University Press.

-----, 1986. Patent and innovation: An empirical study, *Management Science*, 32, pp. 173 – 81.

Mansfield, E. et al., 1987. Social and private rates of return from industrial innovation, *Evenson* (1990).

Morange, M., 2003, *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris, La Découverte.

Mohnen, P. (1992), *Relationship between R&D and Productivity Growth in Canada and Other Major Industrialized Countries*, Ministry of Supply and Services, Canada.

Nurkse, R (1955), *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*, Oxford, Blackwell.

OCDE, 2001. *New Patterns of Industrial Globalisation. Cross-border mergers and acquisitions and strategic alliances*, Paris.

Pierce, 1979

Posner, M.V., 1961. International Trade and Technical Change, *Oxford Economic Papers*, No. 13, pp. 323-341.

Rogers, Mark, 2003. *Knowledge, technological catch-up and economic growth*, Edgard Elgar, Cheltnham. United Kingdom.

Rostow W.W. (1971). *Politics and the Stages of Growth*. Cambridge, CambridgeUniversity Press.

Romer P. M. (1986) Increasing returns and long-run growth, *Journal of Political Economy*, vol. 94.

Romer P. M. (1990): "Endogenous Technical Change", *Journal of Political Economy*, vol. 98

Schmookler, J. (1962), "Economic sources of invent activity", *Journal of Economic History*, marzo pp. 1-20.

Soete, L., 1981. A General Test of Technological Gap Trade Theory, *Weltwirtschaftliches Archiv* 117, pp. 639-659.

Streisser, E. (1979), "Growth Models as Diffusion Process: II", *Kyklos*, vol. 32 (3), pp. 571-586.

Solow, R. (1956): "A contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70.

Veblen, T. (1915), *Imperial Germany and the Industrial Revolution*, Nueva York, McMillan.

Weinmann, N., 2002, "Les acteurs mondiaux : une redistribution des cartes", en Moreau, A., S. Rémond y N. Weinmann, *La industrie pharmaceutique en mutation*, Les études de la documentation Française, Paris.

World Bank, 1993. *The East Asian Miracle. Economic Growth and Public Policy*, New York, Oxford University Press.

Zúñiga, M.P., A. Guzmán y F. Brown, (2007) "Technology acquisition strategies in the pharmaceutical industry in Mexico", *Comparative Technology Transfer and Society (CTTS)*, 5(3): pp. 274-296.

*Cuadro anexo*

	Technological Index 1 Desempeño de la capacidad inventiva			Technological Index 2. Pharmaceutical innovation productivity			Technological Index 3. R&D effort		
	(Patents/(Million inhab *(ExpIF/ VAF))			(patents/employee)			(R&D/VAF)		
	1980-1990	1991-2000	2001-2005	1980-1990	1991-2000	2001-2005	1980-1990	1991-2000	2001-2005
Estados Unidos	34.294	67.625	54.744	40.471	69.792	48.67	0.215	0.266	0.199
Canadá	5.033	11.53	58.236	7.677	15.08	6.923	0.082	0.209	0.034
Japón	74.717	65.893	50.575	71.281	63.549	51.951	0.138	0.258	0.186
Alemania	5.263	5.324	5.412	9.876	10.291	10.343	0.183	0.294	0.304
Francia	3.56	4.802	4.526	6.636	10.067	9.659	0.251	0.283	0.289
Reino Unido	0.253	1.789	2.342	0.073	0.428	0.502	0.289	0.391	0.47
Bélgica	0.945	1.032	2.369	NA	0.645	1.248	0.321	0.253	0.634
Dinamarca	1.263	5.695	6.207	0.892	2.715	2.4	0.23	0.316	0.341
Finlandia	1.548	3.327	2.183	2.208	4.237	2.577	0.264	0.363	0.428
Países Bajos	0.995	1.614	1.322	1.177	1.753	1.331	0.22	0.239	0.274
Noruega	1.472	3.76	0.816	0.309	0.534	0.095	0.283	0.25	0.149
España	0.619	0.865	0.483	0.626	0.878	0.528	0.05	0.063	0.084
Australia	1.753	1.418	0.925	2.731	2.298	1.554	0.101	0.266	0.364
México	0.054	0.075	0.073	0.043	0.062	0.061	0.023	0.003	0.001
Corea	0.16	3.207	6.948	0.101	2.075	4.556	0.082	0.154	0.087
India	0.006	0.04	0.155	0.056	0.407	1.487	0.06	0.066	0.073