



Abril 2016 - ISSN: 1696-8360

FINANCIAMIENTO A ACTIVIDADES DE I+D Y CRECIMIENTO ECONÓMICO: ANÁLISIS COMPARADO MÉXICO Y LOS BRIC

Jean-Baptiste KOLIÉ¹

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Jean-Baptiste KOLIÉ (2016): "Financiamiento a actividades de I+D y crecimiento económico: análisis comparado México y los BRIC", Revista Contribuciones a la Economía (abril-junio 2016). En línea: <http://eumed.net/ce/2016/2/crecimiento.html>

Resumen

Un sinnúmero de estudios han demostrado la fuerte correlación entre innovación, actividades de I+D y competitividad empresarial; en las últimas décadas, países emergentes como en Brasil, Rusia, India, China han basado su crecimiento en esos pilares con resultados en sus indicadores económicos que saltan a la vista. En esa tesitura, también México ha orientado su política pública de ciencia y tecnología, pero cuál ha sido su impacto en el crecimiento del país. El objetivo del trabajo es analizar longitudinalmente el patrón de comportamiento de las actividades de I+D en Brasil, Rusia, India, China y México para determinar la causalidad con el resultado de su crecimiento económico. La estrategia metodológica es cuantitativa mediante un análisis de causalidad de series de tiempo, durante el periodo 1996-2012, de algunos indicadores de interés relacionados con las actividades de I+D en los países mencionados. Según los resultados encontrados, se concluye que la rapidez del crecimiento económico de los BRIC en particular China, Brasil y India depende no solo de la prioridad que dichos países han acordado al campo de la investigación científica y la innovación tecnológica las últimas décadas sino por la existencia de estrechos vínculos entre investigadores y empresas; lo que ha permitido que los resultados de las actividades de I+D se conviertan en productos de alto contenido tecnológico, convirtiendo a las empresas en corporaciones altamente competitivas en los mercados globalizados, a diferencia de México donde dichos vínculos no son aun fuertes, a pesar de los esfuerzos realizados en el gasto de I+D.

Palabras clave

¹ Lic. en Economía por la Université J.N. de Kankan, Guinea y Maestro en Finanzas Corporativas por la Universidad de La Salle, Bajío, México. Catedrático de Economía y de Finanzas. jeanbaptistekolier@gmail.com, <https://jeanbaptistekolie.wordpress.com>.

(gastos I+D, crecimiento económico, análisis causal de series de tiempo, BRIC)

Résumé

De nombreuses études ont démontré la forte corrélation entre l'innovation, les activités de R-D et la compétitivité des entreprises ; au cours des dernières décennies, des pays émergents comme le Brésil, la Russie, l'Inde, la Chine ont basé leur croissance sur ces piliers avec des résultats évidents dans leurs indicateurs économiques. Dans ce registre, le Mexique a également orienté sa politique publique de science et technologie. Mais quel a été l'impact de cette politique sur la croissance du pays ? Le but de ce travail est d'analyser longitudinalement le modèle de comportement de la R-D au Brésil, en Russie, en Inde, en Chine et au Mexique afin de déterminer le lien de causalité avec le résultat de leur croissance économique. L'approche méthodologique est quantitative au moyen d'une analyse de causalité des séries temporelles au cours de la période 1996-2012, de certains indicateurs d'intérêt liés à la R-D dans ces pays. Selon les résultats obtenus, il est conclu que la croissance économique rapide des pays du BRIC en particulier la Chine, le Brésil et l'Inde dépend non pas seulement de la priorité que ces pays ont accordé au domaine de la recherche scientifique et l'innovation technologique au cours des dernières décennies, mais surtout de l'existence de liens étroits entre chercheurs et entreprises, permettant que les résultats de la R-D soient convertis en produits à haut contenu technologique et faisant ainsi des entreprises des corporations très compétitives sur les marchés mondiaux, contrairement au Mexique où de tels liens ne sont pas encore forts, malgré les efforts réalisés dans les dépenses en R-D.

Mots clés

(dépenses de R-D, croissance économique, analyse causale des séries temporelles, BRIC)

INTRODUCCIÓN

Según la OCDE (2013 tomado en Álvarez y Kolié, 2015), considerando la serie de tiempo de 1982 a 2012, los gastos de I+D son un espejo del crecimiento económico de la zona que se analice y evidente su impacto en su respectivo sector empresarial. En la dinámica actual es de enfatizar la competitividad y el crecimiento económico en Brasil, Rusia, India y China (BRIC); países que han cambiado la dinámica mundial de la innovación científica y del desarrollo tecnológico (Álvarez y Kolié, 2015). A pesar de los debates que la medición de innovación y capacidad inventiva provoca (Ernst, 2001; Cohen et al., 2002; Hagedoorn y Cloudt, 2003; Cao y Zhao, 2013), es evidente como estos países además de su crecimiento económico acelerado han incrementado

exponencialmente su nivel de patentamiento y en consecuencia la competitividad de sus empresas (Álvarez y Kolié, 2015).

México es un caso paradigmático porque a pesar de su dinamismo en diferentes actividades económicas y comerciales, así como en sus niveles de exportación de productos de alta tecnología y sus programas para el financiamiento de actividades de I+D, no ha logrado detonar la competitividad de sus empresas y en consecuencia su crecimiento económico se ha visto aletargado en el concierto de los actores que dirigen la competencia mundial bajo el sello de la globalización.

En esta tesitura, la investigación trata de aportar algunos elementos al análisis del impulso de las actividades de I+D y su repercusión en el crecimiento económico. El objetivo de la investigación es analizar longitudinalmente el patrón de comportamiento de las actividades de I+D en Brasil, Rusia, India, China y México para determinar la causalidad con el resultado de su crecimiento económico.

Por ello, el trabajo se estructura en cuatro apartados. En el primero, se presentan algunas reflexiones teóricas respecto a innovación y competitividad empresarial; en el segundo, se construye el objeto de estudio mediante un análisis de series de tiempo y de causalidad –durante el periodo 1996-2012 de algunos indicadores de interés relacionados con las actividades de I+D en Brasil, Rusia, India, China y México-. En el tercero, se presenta la metodología de la investigación; en el cuarto se analizan y discuten los resultados encontrados; para finalizar con algunas conclusiones.

1. I+D y CRECIMIENTO ECONÓMICO

La I+D y la innovación son fuente de crecimiento porque las nuevas empresas innovadoras son creadoras de empleo y las actividades de I+D e innovación representan una alternativa para sortear las crisis (OCDE, 2013). La tecnología y la innovación son el corazón de los países emergentes para alcanzar a los países desarrollados occidentales (Freeman, 1995; Wang y Zhou, 2012). El concepto de innovación es primeramente definido como una nueva

combinación de factores de producción, es decir, el primer intento de los nuevos inventos, nuevos productos, nuevos procesos, nuevos métodos o un nuevo sistema en la vida económica (Schumpeter, 1912 citado en Álvarez, 2013).

Hoy en día, la I+D es considerada como esencial para las empresas que desean desarrollar y mantener una ventaja competitiva sostenible y así enfrentar una mayor competencia generada por la globalización de los mercados, la rapidez de los cambios tecnológicos, así como el posicionamiento, la información del conocimiento y del saber cómo recursos estratégicos para las empresas (Brown y Eisenhardt, 1995; Porter, 1985; 1999; Souitaris, 2001; Stock et al, 2002; Becheikh *et al.*, 2006; Álvarez, 2015).

Realizar la I+D, ya sea intramuros o en colaboración, a menudo es considerado como esencial para ser competitivos (Becheikh *et al.*, 2006). La I+D también es fundamental para absorber nuevas tecnologías emergentes en el mercado (Cohen y Levinthal, 1990. Debackere *et al.*, 1996). Una dinámica de I+D también desempeña un papel crucial en la atracción de inversiones extranjeras a países emergentes (Hall y Bagchi-Sen 2002. Pisano, Shan, y Teece, 1988; Becheikh *et al.*, 2006).

En el caso de los países estudiados se encuentra evidencia que la I+D sucede en colaboración, bajo la tesis de la triple hélice, ya que la red de relaciones creada entre la administración, los agentes tecnológicos y la industria, son la llave para el desarrollo económico basado en el conocimiento, en un marco de economía mixta globalizada (figura 1). Es un modelo multi-estructural y multi-funcional, en contraste con el modelo funcionalista donde cada elemento de la hélice desempeña aisladamente su función (Padilla-Meléndez y Garrido-Moreno, 2012).

Figura 1. Diagrama del Modelo de desarrollo económico de la triple hélice



Fuente: H. Etzkowitz (2005) - Irizar, Iñazio y Macleod, Greg: Innovación empresarial en el Grupo Mondragon: el caso de sus centros tecnológicos. CIRIEC-ESPAÑA N° 60/2008

Según una conclusión de un estudio realizado por Su y Liu (2012), la industria manufacturera en China es un proyecto sistemático basado en I+D, por lo que no se puede decidir sobre cualquier cambio en los componentes de un producto y lograr cualquier innovación si una empresa no puede seguir el desarrollo de ellos, incluso con su propia plataforma de productiva. Por tanto, estos autores infieren que hay cuatro factores críticos que determinan el crecimiento de las empresas de la industria manufacturera de China: la enorme demanda del mercado manufacturero; la adhesión a desarrollar un producto en el egocentrismo como factor clave para el crecimiento; la plataforma de tecnología es el factor de apoyo para la innovación de las empresas de la industria manufacturera de China, lo que implica muchos aspectos, como la estandarización de los sistemas de gestión, la grabación y la modificación de los datos, entre otras; la integración de tecnología es el factor estratégico para la innovación de las empresas de la industria manufacturera de China.

Por lo que es importante mencionar que las nuevas y mejores formas de intervención pública no están basadas en planes de reimpulso a corto plazo (Sachs, 2013), sino sobre un equilibrio sano y productivo de la competencia y la cooperación en una sociedad interconectadas donde los complejos desafíos de la ciencia y de la tecnología, la educación superior, la modernización de la

infraestructura, los litigios del cambio climático y el restablecimiento del equilibrio presupuestario no pueden abordarse sin un proceso de planeación plurianual del gobierno (Sachs, 2012; Landabaso, 2014).

La constitución del capital intelectual es de suma importancia para las acciones de I+D y la tendencia es que la mayoría de los países de la OCDE invierten más en los activos intelectuales que en los activos fijos tradicionales, ya que las inversiones en ellos están en estrecha relación con la productividad en las empresas (Álvarez y Kolié, 2015). El capital intelectual genera rendimientos crecientes en la producción cuando la empresa está capaz de usar los saberes existentes sin tener que pagar los costos de su desarrollo (Álvarez, 2015). Es decir, cuando los saberes son almacenados mediante la I+D, los modelos y los nuevos procesos empresariales crean otros beneficios en otros sectores de la economía y de así estimular el crecimiento. La presencia de polos universitarios de excelencia es un indicador importante para el implemento de la I+D. Hasta 2011, la mayoría de las universidades las más influyentes estaban concentradas geográficamente, 35 de 50 de ellas siendo universidades norteamericanas (OCDE, 2013).

2. LOS BRIC Y LA PARTICULARIDAD DE CHINA: ¿MITO O MILAGRO?

Los BRIC representan el grupo de economías que tienen en común los mejores atractivos para la inversión productiva y de capitales de riesgo, dadas sus ventajas en la posesión de recursos naturales y mano de obra abundante. Han puesto a su favor el dinamismo productivo desencadenado por la globalización actual. En los quince años contados entre 1995 y 2010, estos países llevaron su parte de la producción mundial del 15 al 25% (Schrooten, 2012 citado por Pío García 2014).

Durante los próximos 50 años, se espera que la economía BRIC (Brasil, Rusia, India y China) se convierta en una fuerza mucho mayor en la economía mundial. Goldman Sachs prevé que, en menos de 40 años, el PIB combinado de las economías BRIC colectiva podrá ser superior a la del G6 en términos de dólares estadounidenses (Goldman Sachs, 2003; Tseng, 2009). En el campo de las ciencias, la configuración tradicional del paisaje de la investigación

científica también ha cambiado los últimos años, poniendo a los BRICS como un jugador clave que están dando un giro importante a la realidad mundial en cuanto a la investigación científica, tecnológica y la innovación.

En este panorama mundial de la investigación científica, la producción científica ha aumentado rápidamente y la colaboración interinstitucional se ha incrementado en los diferentes países. China tenía más de 74.000 colaboraciones en 2011, contra a sólo 9.000 en 1998; durante el período, el número de documentos publicados por China en coautoría con instituciones de Estados Unidos creció un poco menos 2000 a más de 22000 en 2011, con casi el 15% de todas las colaboraciones científicas mencionados en publicaciones científicas en pares, los Estados Unidos se mantienen en el centro de las redes de investigación global (OCDE, 2013).

Mientras que en muchos países la tasa de desempleo sigue siendo muy alta, los BRIC, Sudáfrica e Indonesia registran un crecimiento económico de su productividad de más de 6% entre 2009 y 2010, contra 1.5% en la zona de la OCDE. En China el PIB por trabajador ha crecido alrededor de 9% al año (OCDE, 2013). Durante la crisis, los gastos reales de I+D de China se duplicaron en cinco años, en gran parte como resultado del sector empresarial (Álvarez y Kolié, 2015). Desde 2009, el crecimiento de la I+D se estancó en las áreas de la educación superior y el gobierno, mientras que sus niveles siguen aumentando en un momento en que otros países han comenzado a reducir los presupuestos de I+D (OCDE, 2013).

Entre los BRIC, en China su PIB per cápita se disparó hacia arriba a lo largo de toda la crisis, reduciendo la brecha con los Estados Unidos de más de 6 puntos porcentuales; sus tasas de actividades de I+D se mantuvieron por encima de la media de la OCDE y la brecha en el ingreso per cápita se debió principalmente al hecho de que el nivel de capital por trabajador y la productividad multifactorial son más bajos. En Brasil, la diferencia en el PIB per cápita es lenta pero sigue siendo importante, principalmente debido a los relativamente pobres resultados en términos de productividad laboral (OCDE, 2013).

La actividad manufacturera se ha globalizado los últimos 20 años. En 2010, China superó a Estados Unidos en la economía manufacturera más grande del mundo, y Brasil, India y Corea acaban superado a Francia y el Reino Unido, dos figuras importantes de la industria en Europa. China es también el mayor exportador de bienes manufacturados (Álvarez y Kolié, 2015). En términos de valor, sin embargo, su ventaja sobre los Estados Unidos es menos evidente. Mientras que en muchos países la tasa de desempleo sigue siendo muy alta, los BRICS e Indonesia registran un crecimiento económico de su productividad de más de 6% entre 2009 y 2010, contra 1.5% en la zona de la OCDE. En China el PIB por trabajador ha crecido alrededor de 9% al año (OCDE, 2013).

Durante la crisis, los gastos reales de I+D de China se duplicaron en cinco años, en gran parte como resultado del sector empresarial. Desde 2009, el crecimiento de la I+D se estancó en las áreas de la educación superior y el gobierno, mientras que sus niveles siguen aumentando en un momento en que otros países han comenzado a reducir los presupuestos de I+D (2013).

Si volteamos a otra economía BRIC, la de Rusia, se observa que la economía tiene una base muy diferente de las economías asiáticas en rápido crecimiento al que se compara a menudo. Rusia está saliendo del pos socialismo y de la liberalización de la década de 1990, es el jugador clave en el bloque pos socialista como el principal inversionista y socio comercial, con altos niveles de inversión en construcción, energía, metales preciosos, y metalurgia, las empresas rusas confían en las instalaciones físicas existentes de la era soviética y el recuento sobre el acceso a una mano de obra relativamente calificada (Gevorkyan, 2012).

Sin embargo, no todo lo que brilla es oro, Rusia, China, India y Brasil son parte del top diez de los países más contaminantes del mundo. Rusia emite 400 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) al año (El Informador, 2013, párr. 8) y China contamina más que Estados Unidos. Así mismo, la brecha entre las clases sociales en estos países sigue siendo importante y demuestra que no han logrado garantizar condiciones apropiadas para la promoción de transformaciones sociales profundas, pues el enfoque que han tenido estos

Estados ha sido esencialmente el de la búsqueda de un acelerado desarrollo económico, en tanto relación sistemática con el crecimiento económico, fruto de la explotación laboral en diversas regiones (Bonilla, 2014).

3. ¿PUEDE MÉXICO RECONFIGURAR BRIC A BRIC-M?

El ascenso de los BRIC no se dio ni al azar ni por ningún dictamen de las Naciones Unidas o de otra institución mundial, uno de los pilares de su crecimiento es la I+D, basado en un marco unificado e integrador, que tiene como resultado la formulación de políticas de orientación inadecuada para la I+D. dado que los países cuya orientación productiva es hacia los bienes de alto contenido tecnológico pueden crecer más rápido que aquellos que producen bienes de tipo tradicional, debido a que son mayores sus oportunidades de innovación (Romer, 1990; Grossman y Helpman, 1991).

Específicamente, China ha mantenido un rápido crecimiento económico durante más de dos décadas después de embarcarse en la reforma económica y apertura al mundo exterior en 1978 y su crecimiento económico su progreso social son inseparables de sus políticas de desarrollo, ciencia y tecnología (Ding *et al.*, 2008). En un inicio el gobierno chino en todos los niveles priorizaba la atracción de la inversión extranjera, ofrecían facilidades fiscales y libre tenencia de la tierra en vez de realizar una adecuada inversión en la I+D. Además, sus empresas eran dependientes de la importación de maquinaria y no había colaboración entre universidades, institutos de investigación científica y las industrias de I+D, con ello falta de comercialización de los logros científicos. China reajustó su estrategia de I+D, se dio cuenta de que la dependencia de la tecnología importada, a pesar de aumentar rápidamente la capacidad de la industria manufacturera había impedido a las empresas nacionales el desarrollo de tecnologías básicas; así que evolucionó y ajustó sus políticas fiscales de I+D para apoyar la I+D empresarial y académica.

Parece que México, actualmente se encuentra en una etapa de decisiones políticas como la de China hace décadas, ha centrado su política en atraer empresas multinacionales. La mano de obra en México es una de las más baratas y accesibles del mundo, tiene la ventaja de ser relativamente calificada

por llevar a cabo los procesos operativos y de mantenimiento. La industria manufacturera de México depende mucho de la importación de maquinaria y de tecnología, la mayoría de las empresas extranjeras instaladas son de ensamblaje; la dirección y los puestos estratégicos en esas empresas son ocupados por egresados de otros países mientras que los empleos operativos son ocupados por egresados de instituciones mexicanas (Álvarez, 2013).

El plan de desarrollo del sexenio actual manifiesta como prioritario otorgar apoyos económicos a las industrias creativas; los proyectos vinculados a la ciencia, la tecnología y el arte, que ofrezcan contenidos para nuevas plataformas, recibirán estímulos mensuales durante un año (Compromiso 19); intensificar la competencia económica en todos los sectores de la economía, con especial énfasis en sectores estratégicos como telecomunicaciones, transporte, servicios financieros y energía. Parece ser un documento que pretende sentar las bases para que México, además de ser una potencia manufacturera, se convierta en una economía del conocimiento, con el compromiso de invertir el 1% del PIB en ciencia y tecnología (CONACYT, 2015).

Se han puesto en operación instrumentos de política pública que al parecer están teniendo éxito, como el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) que es el programa de apoyo para las empresas que invierten en proyectos de investigación, desarrollo de tecnología e innovación dirigidos al desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios. También están los Fondos Sectoriales que destinan recursos a la investigación científica y al desarrollo tecnológico en el ámbito sectorial correspondiente; los Fondos Mixtos son un instrumento que apoya el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un Fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno del Estado o Municipio, y el Gobierno Federal, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Etc. (CONACYT, 2015). Lo que hace suponer que hay un esfuerzo por establecer las condiciones para que la innovación sea el pilar de la competitividad empresarial en México.

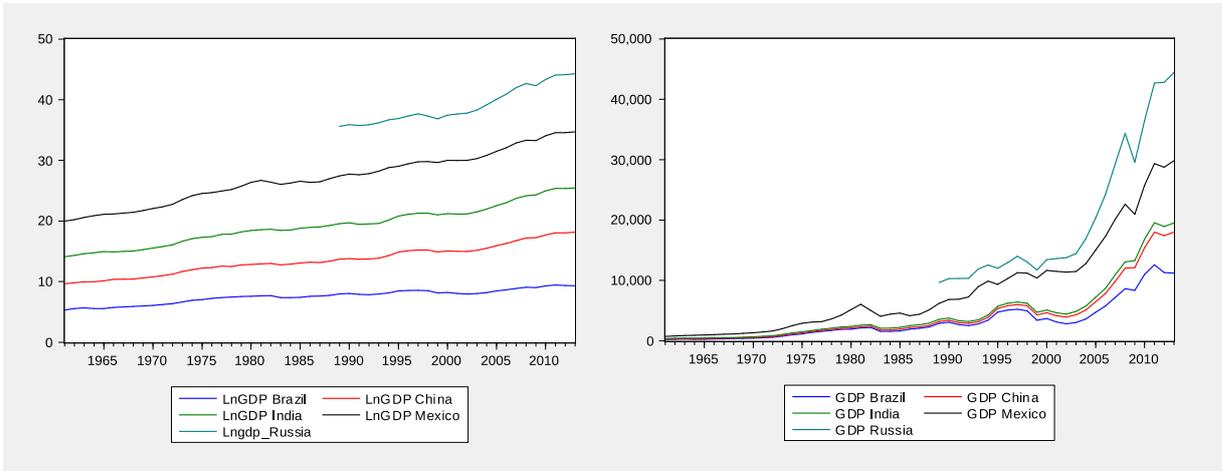
4. Análisis causal I+D y crecimiento económico

La estrategia metodológica de la investigación es cuantitativa, mediante análisis causal y un análisis de series de tiempo. Se analizaron informes y datos estadísticas de algunas organizaciones como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el Banco Mundial (BM), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT - México) entre otras.

Se construyó el banco de datos, con los indicadores: crecimiento del PIB (*GDP growth*), entendido como la tasa de crecimiento anual porcentual del PIB a precios de mercado en moneda local, a precios constantes; PIB per cápita (*GDP per capita*), es el producto interno bruto dividido por la población a mitad de año; los gastos de I+D (*Expense R and D*), que son gastos corrientes y de capital (público y privado) en trabajo creativo realizado sistemáticamente para incrementar los conocimientos, incluso los conocimientos sobre la humanidad, la cultura y la sociedad, y el uso de los conocimientos para nuevas aplicaciones, en donde se considera la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental; artículos científicos publicados (*Scientific articles published*), se refieren a la serie de artículos científicos y de ingeniería publicados en los siguientes campos: física, biología, química, matemática, medicina clínica, investigación biomédica, ingeniería y tecnología, ciencias de la tierra y el espacio.

Se inicia con el análisis de la serie de tiempo del PIB tanto de la serie original como del logaritmo natural la misma. En la gráfica 1, se muestra el patrón de comportamiento de la serie, ésta es muy similar entre los países BRIC; sólo Rusia supera a México en el nivel del PIB a precios constantes, en la serie logarítmica el PIB per cápita del grupo BRIC y de México tiene el mismo comportamiento incluso en los picos entre 1965 y 2010, se manifiesta un crecimiento.

Gráfica 1. Análisis gráfico del PIB per cápita



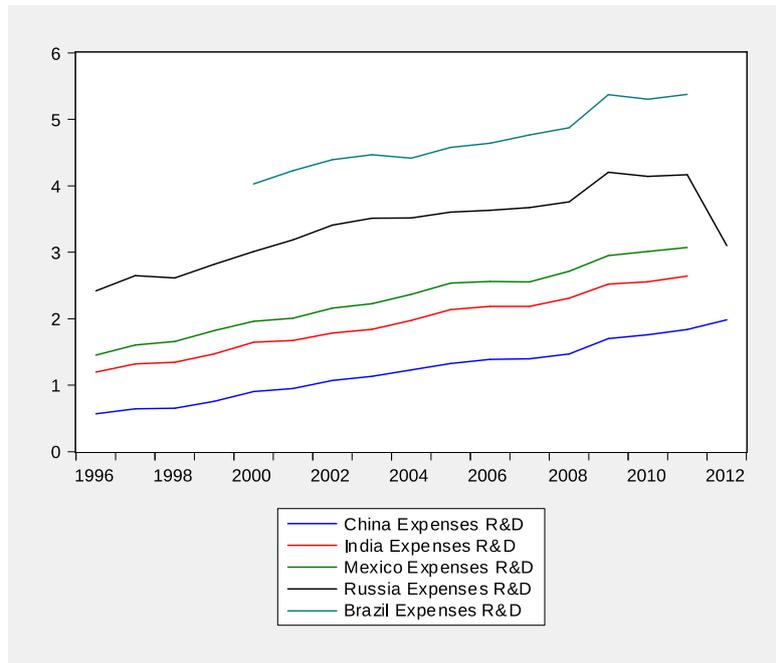
Logaritmo natural del PIB per cápita

PIB per cápita (USD constantes)

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

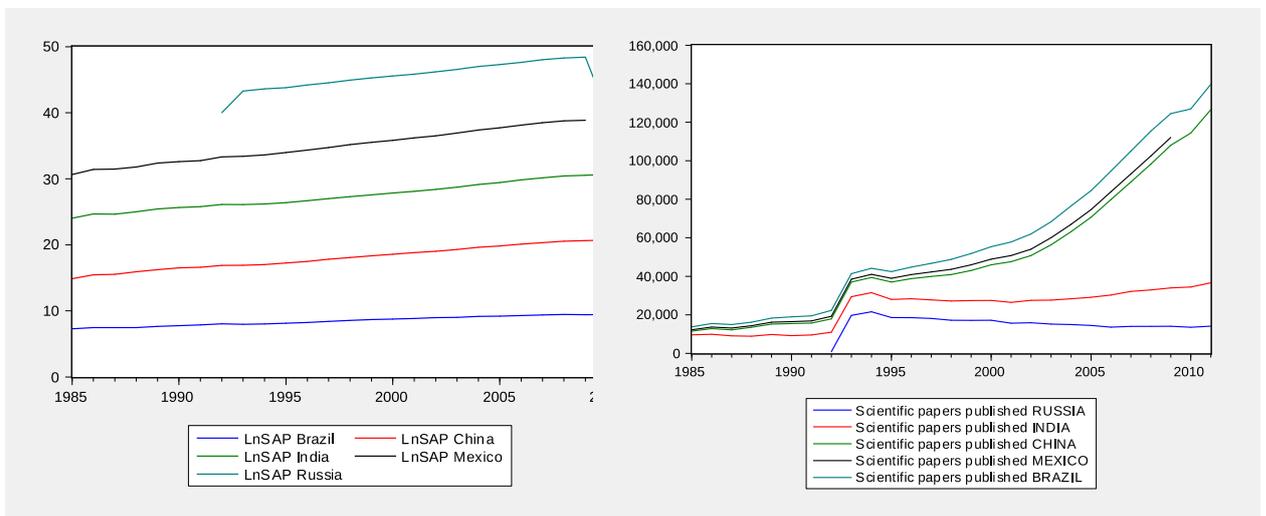
Entre 1996 y 2010 el porcentaje del PIB dedicado a la I+D es creciente en todos los países del BRIC y en México (gráfica 2). Sin embargo, a partir de 2010, el porcentaje de Rusia cae drásticamente. Lo interesante aquí es el hecho que estos países excepto Rusia que registra una caída a partir del 2010, no fueron muy afectados en sus esfuerzos de financiamiento a la I+D a pesar de la crisis de 2008. Un indicador natural de los gastos de I+D es el de publicaciones científicas publicadas (gráfica 3), después de 1990, las publicaciones científicas aumentaron en todos los países, y con tendencia ascendente en Brasil, México y China, es muy importante resaltar que en esta materia, México está a arriba de países como China; el logaritmo natural de la serie, se evidencia que sólo Rusia registró una caída, lo que da una idea de la continuidad de las políticas de ciencia y tecnología en estos países.

Gráfica 2. Gastos en investigación y desarrollo % respecto al PIB



Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

Gráfica 3. Publicaciones científicas y tecnológicas



Logaritmo del número de publicaciones

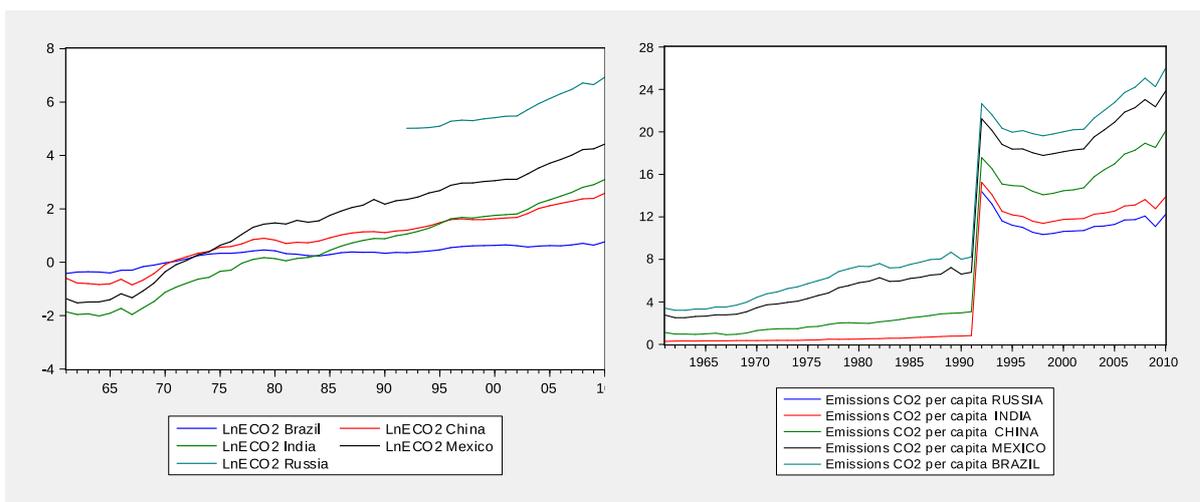
Número de publicaciones

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

Para tratar de tener una idea de las actividades de I+D, el nivel de industrialización y el impacto al medio ambiente en los países estudiados se analiza la serie de tiempo de las emisiones de CO₂ que provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación del cemento. A partir de 1990, la

emisión de CO₂ se dispara en todos los países BRIC y en México. Este fenómeno tiene que ver con el crecimiento de las actividades industriales de esos países. Rusia, México y China están encima de los demás (gráfica 4). Incluso en la serie logarítmica, se comprueba que Rusia sigue muy arriba de los demás en la contaminación; China, México e India tienen el mismo comportamiento; sólo Brasil queda un poco abajo.

Gráfica 4. Emisiones de CO₂



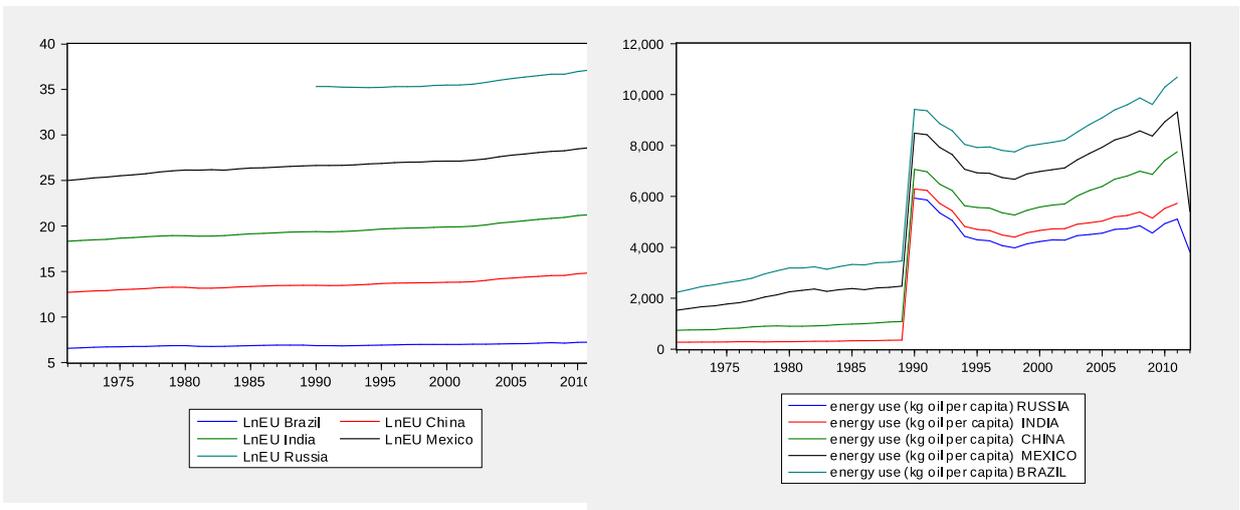
Logaritmo de las Emisiones de CO₂ per
cápita

Emisiones de CO₂ per cápita

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

El uso de energía está estrechamente ligado con la contaminación, en 1990 el uso de energía de los países se disparó y por consecuencia también creció la emisión de CO₂ (gráfica 5), el uso de energía (*Energy use*), se refiere al consumo de energía primaria antes de la transformación en otros combustibles finales, medido como kg de petróleo per cápita. En cuanto al consumo de energía eléctrica –que mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración-, está muy arriba en Rusia; Brasil tiene el consumo más bajo, pero todos tienen la misma tendencia (gráfica 6), 1990 marca la pauta de su incremento dada su relativo alto nivel de industrialización.

Gráfica 5. Consumo de energía

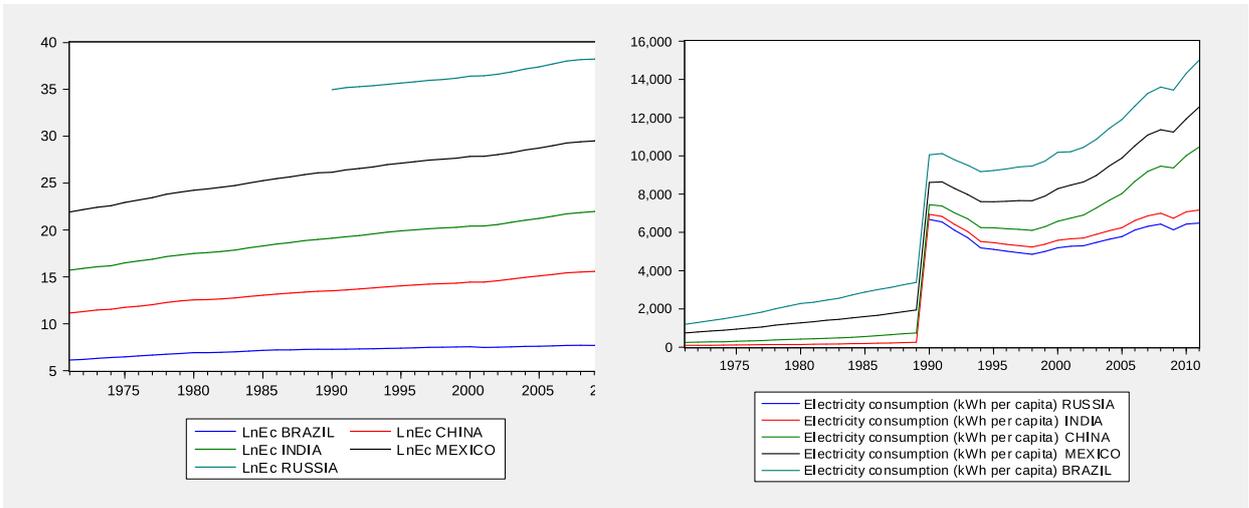


Logaritmo del consumo de energía per cápita

Consumo de energía per cápita

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

Gráfica 6. Consumo de energía eléctrica



Logaritmo del consumo de energía eléctrica per cápita

Consumo de energía eléctrica per cápita

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

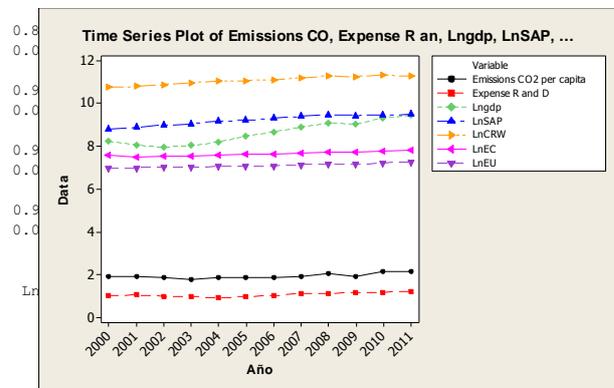
Solamente voluntad política no es suficiente para darle a la I+D y la innovación tecnológica todo el peso que le corresponde para provocar el crecimiento y el desarrollo económico. Específicamente al estudiar las series logarítmicas de

los indicadores de Brasil (gráfica 7) se observa consistencia, sólo el indicador de crecimiento presenta una ligera flotación, todos los demás son relativamente constantes, la matriz de correlación de dichos indicadores se presenta en la misma gráfica, donde se observa que todas las relaciones entre los indicadores son positivas y significativas.

Gráfica 7. Serie logarítmica de los indicadores de Brasil

Correlations: Emissions CO, Expense R an, Lngdp, LnSAP, LnCRW, LnEC, LnEU

	Emissions CO2 pe	Expense R and D	Lngdp
Expense R and D	0.822 0.001		
Lngdp	0.825 0.001	0.867 0.000	
LnSAP	0.604 0.038	0.646 0.023	
LnCRW	0.638 0.026	0.670 0.017	
LnEC	0.787 0.002	0.782 0.003	
LnEU	0.850 0.000	0.809 0.001	
	LnSAP	LnCRW	
LnCRW	0.991 0.000		
LnEC	0.911 0.000	0.933 0.000	
LnEU	0.926 0.000	0.943 0.000	0.977 0.000



Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

La relación causal entre crecimiento económico y gastos de I+D, se comporta de la siguiente manera:

$$\text{Lngdp} = 3.57 + 4.79 \text{ Expense R and D}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	3.5691	0.9167	3.89	0.003
Expense R and D	4.7854	0.8678	5.51	0.000

S = 0.276692 R-Sq = 75.3% R-Sq(adj) = 72.8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2.3282	2.3282	30.41	0.000
Residual Error	10	0.7656	0.0766		
Total	11	3.0938			

Durbin-Watson statistic = 0.764305

No evidence of lack of fit (P >= 0.1).

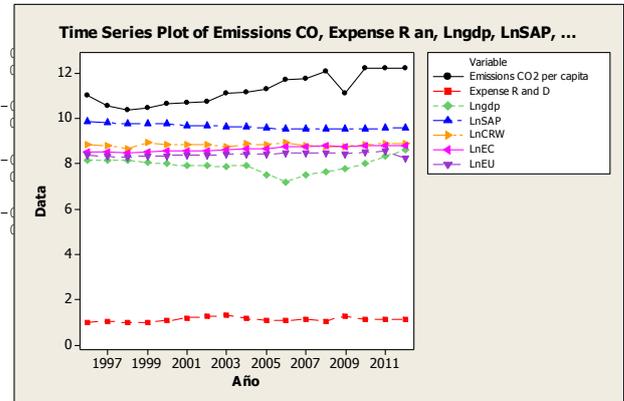
Es decir, la relación causal entre el gasto de I+D y el crecimiento en Brasil es relativamente alto ($R^2 = 75.3\%$) y significativo. Si la I+D financiada por el sector empresarial es particularmente sensible a las crisis (OCDE, 2013), los recursos públicos no son suficientes para detonar las actividades de I+D. Brasil se enfrenta a importantes déficits anuales (Foster y Briceño-Garmendia, 2010; Platz, 2009), al mismo tiempo, su inversión privada en infraestructura sigue siendo muy volátil (Kehew *et al.*, 2005; Martell y Guess, 2006; Beck *et al.*, 2007; UNECF, 2008; Platz, 2009).

Para el caso de Rusia, las cosas son distintas, la gráfica 8 da cuenta que el gasto de I+D en Rusia es de nivel muy bajo, deja ver que en Rusia no manifiesta una correlación entre su crecimiento económico y sus actividades de I+D, además su nivel de contaminación es lo muy alto. El financiamiento a la innovación debe estar fuertemente ligado a soluciones económicamente sostenibles (Slone, 2009; Badu *et al.*, 2012). El valor económico de muchas empresas se basa cada vez más en activos intangibles (Dunning y Lundan, 2010; Kramer *et al.*, 2011; Yong Cao y Li Zhao, 2013), lo que significa que las empresas deberían centrarse más en dinámicas tecnológicas.

Gráfica 8. Serie logarítmica de los indicadores de Rusia

Correlations: Emissions CO₂ per capita, Expense R and D, LnGdp, LnSAP, LnCRW, LnEC, LnEU

	Emissions CO ₂ per capita	Expense R and D	LnGdp
Expense R and D	0.121 0.642		
LnGdp	-0.048 0.856	-0.145 0.579	
LnSAP	-0.798 0.000	-0.459 0.064	
LnCRW	0.211 0.416	-0.090 0.732	
LnEC	0.938 0.000	0.310 0.226	
LnEU	0.611 0.009	0.224 0.387	
	LnSAP	LnCRW	
LnCRW	-0.117 0.654		
LnEC	-0.925 0.000	0.162 0.533	
LnEU	-0.675 0.003	0.096 0.713	0.833 0.004



Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

La relación causal entre crecimiento económico y gastos de I+D, se comporta de la siguiente manera:

$$\text{LnGdp} = 8.46 - 0.497 \text{ Expense R and D}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.4624	0.9696	8.73	0.000
Expense R and D	-0.4967	0.8751	-0.57	0.579

S = 0.338921 R-Sq = 2.1% R-Sq(adj) = 0.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.0370	0.0370	0.32	0.579
Residual Error	15	1.7230	0.1149		
Total	16	1.7600			

Durbin-Watson statistic = 0.390604

No evidence of lack of fit (P >= 0.1).

Definitivamente, en Rusia la relación causal entre gasto de I+D y crecimiento económico simplemente no existe, no es significativo. La I+D no es la clave del

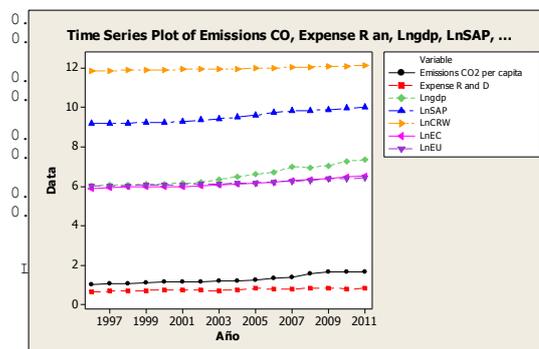
crecimiento de Rusia. Al probar con la serie no logarítmica, se obtiene el mismo resultado.

Los países que apuestan por fortalecer sus actividades de I+D se van diferenciando de los que no (Hopkins y Brynjolfsson, 2010), por lo que, la innovación está estrechamente ligada a la tecnología (Yong Cao y Li Zhao, 2013). El rendimiento de la innovación depende en gran medida de la gestión eficaz del proceso de innovación. En el caso de la india, si es significativa la relación entre actividades de I+D y crecimiento económico, sin embargo, también su nivel de contaminación va casi en paralelo con los gastos de I+D (gráfica 9).

Gráfica 9. Serie logarítmica de los indicadores de India

Correlations: Emissions CO₂ per capita, Expense R and D, LnGdp, LnSAP, LnCRW, LnEC, LnEU

	Emissions CO ₂ per capita	Expense R and D	LnGdp
Expense R and D	0.840 0.000		
LnGdp	0.968 0.000	0.855 0.000	
LnSAP	0.961 0.000	0.878 0.000	
LnCRW	0.978 0.000	0.868 0.000	
LnEC	0.984 0.000	0.856 0.000	
LnEU	0.993 0.000	0.849 0.000	
	LnSAP	LnCRW	
LnCRW	0.985 0.000		
LnEC	0.987 0.000	0.992 0.000	
LnEU	0.973 0.000	0.990 0.000	0.994 0.000



Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

En la India, su crecimiento tiene mucho que ver con la orientación de sus gastos a la I+D, la relación causal es a un nivel alto y se sintetiza en la siguiente ecuación de regresión:

LnGdp = 1.64 + 6.51 Expense R and D

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1.6415	0.7946	2.07	0.058
Expense R and D	6.513	1.056	6.17	0.000

S = 0.248504 R-Sq = 73.1% R-Sq(adj) = 71.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2.3478	2.3478	38.02	0.000
Residual Error	14	0.8646	0.0618		
Total	15	3.2124			

Durbin-Watson statistic = 0.854216

Lack of fit test

Possible curvature in variable Expense (P-Value = 0.099)

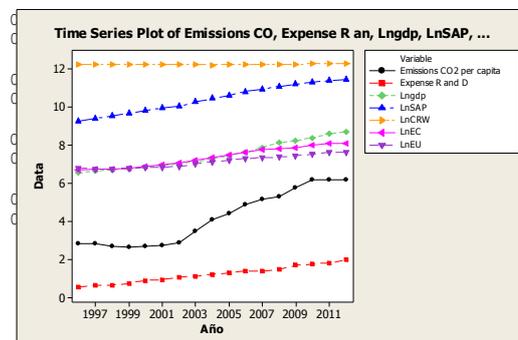
Overall lack of fit test is significant at P = 0.099

China es un caso paradigmático, ha apostado por la innovación tecnológica a partir de la investigación científica. Por ejemplo, el apoyo del gobierno chino en la industria farmacéutica en el campo de la investigación científica y la innovación tecnológica se ha vuelto mucho más intenso que nunca; el gobierno se dedica a proporcionar una plataforma para fomentar la innovación original, desarrollar alta tecnología y dinamizar la transferencia tecnológica a los segmentos de mayor valor de la cadena de valor global. Además del apoyo gubernamental, las inversiones de capital privado juegan un papel importante en las empresas innovadoras. Según el reporté de *ChinaBio Today* (2015), los inversionistas en capital riesgo invirtieron más de un billón de USD en 2010 en el mercado de las ciencias de la vida, representado un aumento hasta 319% en comparación a 2009. Sus indicadores tienen una tendencia ascendente, su gasto de I+D es el más alto (gráfica 10).

Gráfica 10. Serie logarítmica de los indicadores de China

Correlations: Emissions CO, Expense R an, Lngdp, LnSAP, LnCRW, LnEC, LnEU

	Emissions CO2 pe	Expense R and D	Lngdp
Expense R and D	0.955 0.000		
Lngdp	0.979 0.000	0.980 0.000	
LnSAP	0.964 0.000	0.987 0.000	
LnCRW	0.817 0.000	0.790 0.000	
LnEC	0.983 0.000	0.985 0.000	
LnEU	0.994 0.000	0.976 0.000	
	LnSAP	LnCRW	
LnCRW	0.735 0.001		
LnEC	0.995 0.000	0.775 0.000	
LnEU	0.982 0.000	0.804 0.000	0.995 0.000



Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

El nivel de gasto que China dedica a las actividades de I+D es un indicador relevante de sus logros tecnológicos, sigue a EEUU, en segundo lugar, en el nivel de gastos de I+D. El gobierno chino ha sido muy agresivo en sus instrumentos de política pública de ciencia y tecnología, los subsidios y préstamos, incentivos fiscales para promover las operaciones de I+D, entre otros. China ha centrado la ejecución de sus políticas basado en la creencia que el gasto en I+D repercute en el crecimiento económico y que cuando el gobierno participa en la inversión en tecnología se incrementa el bienestar de los actores que participan. La relación causal se presenta mediante la siguiente ecuación:

The regression equation is
 $\text{Lngdp} = 5.50 + 1.62 \text{ Expense R and D}$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	5.4977	0.1088	50.51	0.000
Expense R and D	1.61629	0.08409	19.22	0.000

S = 0.148336 R-Sq = 96.1% R-Sq(adj) = 95.8%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	8.1300	8.1300	369.49	0.000
Residual Error	15	0.3301	0.0220		
Total	16	8.4600			

Durbin-Watson statistic = 0.710740

Lack of fit test

Possible curvature in variable Expense (P-Value = 0.018)

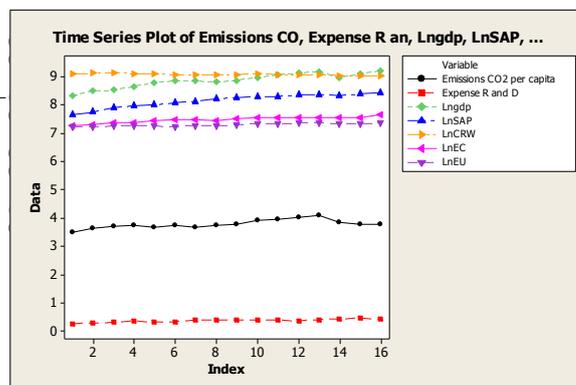
Overall lack of fit test is significant at P = 0.018

Las empresas juegan un papel fundamental en el proceso de innovación, son los actores que materializan las innovaciones en productos comercializables y, en consecuencia, constituyen los eslabones de conexión entre el sistema productivo y el de innovación. Hay muchas razones para pensar que la inversión empresarial en capital intelectual está relacionada con el crecimiento y la productividad. Además, algunos de los conocimientos acumulados en términos activos como los modelos de I+D y los nuevos procesos de negocio pueden tener efectos en otras partes de la economía y estimular así el crecimiento (OCDE, 2013). En este sentido, ¿qué pasa en México? Sus gastos dedicados a la I+D son bajos, a pesar de ello, hay producción científica significativa, se podría suponer que los resultados de la I+D no se relacionan con las empresas (gráfica 11).

Gráfica 11. Serie logarítmica de los indicadores de México

Correlations: Emissions CO, Expense R an, Lngdp, LnSAP, LnCRW, LnEC, LnEU

	Emissions CO2 pe	Expense R and D	Lngdp
Expense R and D	0.573 0.020		
Lngdp	0.783 0.000	0.841 0.000	
LnSAP	0.751 0.001	0.926 0.000	
LnCRW	-0.210 0.436	-0.753 0.001	
LnEC	0.701 0.003	0.877 0.000	
LnEU	0.855 0.000	0.769 0.000	
	LnSAP	LnCRW	
LnCRW	-0.721 0.002		
LnEC	0.970 0.000	-0.722 0.002	
LnEU	0.867 0.000	-0.478 0.061	0.866 0.000



Cell Contents: Pearson correlation
P-Value

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial

La relación causal entre el gasto a la I+D y el crecimiento en México es muy pobre, a pesar de tener resultados abundantes en su actividad I+D. Su ecuación de regresión es la siguiente:

$$\text{Lngdp} = 7.41 + 3.94 \text{ Expense R and D}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	7.4086	0.2509	29.53	0.000
Expense R and D	3.9372	0.6770	5.82	0.000

S = 0.144507 R-Sq = 40.7% R-Sq(adj) = 38.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	0.40633	0.70633	33.82	0.000
Residual Error	14	0.59235	0.02088		
Total	15	0.99868			

Durbin-Watson statistic = 1.20258

No evidence of lack of fit (P >= 0.1).

A manera de conclusiones

Se pudo confirmar la importancia de las actividades de I+D en el crecimiento económico. El análisis econométrico de algunos indicadores de los países estudiados y la revisión documental de las políticas que se están llevando a cabo en esos países, en particular en China, sostuvieron los argumentos de que los cambios realizados en las economías de los BRIC y la rapidez de su crecimiento económico tienen una estrecha relación con la prioridad que acordaron al campo de la investigación científica y la innovación tecnológica las últimas décadas. Por ejemplo, China decidió ya no seguir dependiendo de la importación de tecnologías, pero generar su propia innovación en base a su realidad, sin dejar de lado la búsqueda de las mejores cooperaciones científico-tecnológicas con el exterior. Además, el análisis econométrico reveló que la relación causal entre el gasto de I+D y el crecimiento de China, Brasil e India es fuerte. Es de 96,1% (China), 75.3% (Brasil) y 73.1% (India).

En comparación con México base a los datos económicos y las políticas, se concluye que México no está muy lejos para poder incorporarse al grupo de los BRIC. Como lo manifiesta el análisis econométrico, los datos de México tienen patrones de comportamiento similar a los BRIC; incluso en producción científica México está encima de China y de los demás, solo le supera Rusia. ¿Entonces qué le falta a México? Sin duda ya podemos entender que algo tiene que ver con la falta de vínculos con los investigadores y las empresas donde los resultados de dichas investigaciones podrían ser convertidos en productos de alto contenidos tecnológicos.

Específicamente, la relación causal entre el gasto de la I+D al crecimiento, es solo de 40.7% para México, deberá continuar con la reorientación de la educación y la formación hacia verdaderos programas de punta para la innovación tecnológica, seguir con la creación de condiciones para que los resultados de la investigación científica se vinculen a las empresas en productos con alto contenido tecnológico, es decir tener verdaderos vínculos de colaboración entre las universidades, centros de investigación científica y las empresas para que los resultados de la investigación científica no sean solo

producción teórica confinada en los libros y los artículos, así migrar de la competencia a la colaboración como estrategia de competitividad regional (Álvarez, 2013).

Es necesario mencionar algunos límites de este trabajo. De un lado, no fue exhaustiva la elección de los indicadores y eso no permitió analizar la importante incidencia del crecimiento económico de los BRIC en el nivel de bienestar social de sus poblaciones y así resaltar el bien hecho del crecimiento económico para el desarrollo social. Sin duda sería muy interesante realizar un estudio de rentabilidad financiera en empresas distintas con realidades diferentes en relación a la I+D para resaltar la importancia del financiamiento a la I+D en términos de retornos financieros, como justificación práctica de la teoría de la pertinencia de invertir en activos intelectuales.

Aun así, hay suficientes argumentos teóricos que justifiquen que se deberá de considerar dentro de las empresas a priorizar la financiación de la I+D y a buscar colaboraciones con universidades y centros de investigación con el fin de innovar los procesos y los productos y servicios, si las empresas pretenden ser competitivas en los mercados globales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, L. (2015). "Technological Reconversion Potential of Local Manufacturing Companies: Analysis from the Perspective of Technology Management and Innovation" en *International Journal of Management, IT and Engineering* (ISSN 2249-0558), Vol 5, Issue 4, pp. 76-91. April.
- Álvarez, L. (2013), "Articulación productiva en las redes de innovación tecnológica: el caso de Guanajuato, México". *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra MAPPING* (ISSN 1131-9100), Vol. 22, Número 158. Marzo-Abril, pp. 58-69.
- Álvarez, L. y Kolié, J.B. (2015). *Innovation, R&D et compétitivité : alternative pour migrer de la régionalisation à la mondialisation ? Étude de cas d'une entreprise locale de fabrication à Guanajuato* en *De la regionalización a la globalización – E-book del XIX Congreso*

- Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas (ACACIA). Durango, México. Abril, 2015.
- Badu, E. Et al (2012), "Barriers to the implementation of innovative financing (IF) of infrastructure", *Journal of Financial Management of Property and Construction*, Vol. 17 Iss. 3 pp. 253 – 273. <http://dx.doi.org/10.1108/13664381211274362>
- Bonilla, J. (2014). Los BRICS: una crítica desde el posdesarrollo. *Rev. Oasis*, 2014
- Cheraghi, M. (2013), "Innovation by entrepreneurs in China: the increasing prominence of women", *Journal of Knowledge-based Innovation in China*, Vol. 5 Iss 3 pp. 172 – 187. <http://dx.doi.org/10.1108/JKIC-08-2013-0016>
- CONACYT <http://www.conacyt.mx/>
- Gevorkyan Aleksandr: *Is Russia Still a BRIC? Some Observations on the Economy and Its Potential for Diversification*. 2012.
- Gobierno Federal de México: Pacto por México. http://embamex.sre.gob.mx/italia/images/pdf/pacto_por_mexico.pdf
- Gobierno Federal de México: Reformas en Acción. <http://reformas.gob.mx/>
- Hadengue, Marine; Warin, Thierry (2013). *Patterns of Specialization and (Un)conditional Convergence: The Cases of Brazil, China and India*. Montreal – Tours, 2013.
- Hongzhen Lei Juanli Lan, (2013). "Research into the influence factors of knowledge workers sharing residual claims rights", *Journal of Knowledge-based Innovation in China*, Vol. 5 Iss 1 pp. 60 – 72. <http://dx.doi.org/10.1108/17561411311320978>
- Jingqin Su Jing Liu, (2012), "Exploring critical factors in China's manufacturing technology innovation", *Journal of Knowledge-based Innovation in China*, Vol. 4 Iss 2 pp. 104 – 117. <http://dx.doi.org/10.1108/17561411211235712>
- Kalanje, C. (2014). *Le rôle de la propriété intellectuelle dans l'innovation et la conception de nouveaux produits*. OMPI.
- Landabaso, M. (2014), "Guest editorial on research and innovation strategies for smart specialisation in Europe", *European Journal of Innovation*

- Management, Vol. 17 Iss 4 pp. 378 – 389.
<http://dx.doi.org/10.1108/EJIM-08-2014-0093>
- Navarro Arredondo, A. (2011). *La colaboración público-privada en el financiamiento de la investigación*, versión preliminar, Documento de Trabajo núm. 110, publicación del Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública de la Cámara de Diputados, LX Legislatura, México D.F.
- OCDE (2013), « Dispositifs fiscaux favorables à la R-D », dans *Science, technologie et industrie : tableau de bord de l'OCDE 2013 : L'innovation au service de la croissance*, Éditions OCDE.
http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2013-16-fr
- OCDE (2013), « Financement de la R-D et spécialisation », dans *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2013 : L'innovation au service de la croissance*, Éditions OCDE.
http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2013-29-fr
- OCDE (2013), « Financement international de la R-D », dans *Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2013 : L'innovation au service de la croissance*, Éditions OCDE.
http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2013-17-fr
- ONUUDI, Programa y presupuesto 2014-2015, UNIDO, Marzo 2013
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE),
Understanding Economic Growth, Paris, OCDE, 2004.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)
<http://www.wipo.int/portal/en/>
- Padilla-Meléndez, A. y Garrido-Moreno, (2012). "Open innovation in universities", *International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research*, Vol. 18 Iss 4 pp. 417 – 439.
<http://dx.doi.org/10.1108/13552551211239474>
- Peyman Akhavan Amir Pezeshkan, (2013),"Developing a knowledge map-driven framework for human resources strategy formulation", *Journal of Knowledge-based Innovation in China*, Vol. 5 Iss 3 pp. 234 – 261.
<http://dx.doi.org/10.1108/JKIC-05-2013-0009>
- Puerto Interior Guanajuato. <http://puertointerior.com.mx/noticia-detalle.php?id=55>

- Rivas Aceves, S. y Venegas-Martínez F. (2008). Participación del Gobierno en el desarrollo tecnológico: un modelo de crecimiento endógeno para una economía Monetaria. Problemas del desarrollo-Revista Latinoamericana de economía.
- Shufang Huang, (2012),"How can innovation create the future in a catching#up economy?", Journal of Knowledge-based Innovation in China, Vol. 4 Iss 2 pp. 118 – 131. <http://dx.doi.org/10.1108/17561411211235721>
- Tseng, C. (2009). Technological innovation in the BRIC economies. Industrial Research Institute, Inc.
- Wei-Wei Wu Bo Yu Chong Wu, (2012),"How China's equipment manufacturing firms achieve successful independent innovation", Chinese Management Studies, Vol. 6 Iss 1 pp. 160 – 183. <http://dx.doi.org/10.1108/17506141211213915>
- Xuedong Ding Jun Li Jia Wang, (2008),"In pursuit of technological innovation", Journal of Small Business and Enterprise Development, Vol. 15 Iss 4 pp. 816 – 831. <http://dx.doi.org/10.1108/14626000810917889>
- Yun Chen Jia Liu Kefan Xie, (2012),"Risk in integrated leapfrogging mode of technological innovation", Kybernetes, Vol. 41 Iss 10 pp. 1423 – 1439.m <http://dx.doi.org/10.1108/03684921211276657>
- Yan Yang Jette Egelund Holgaard, (2012),"The important role of civil society groups in eco#innovation: a triple helix perspective", Journal of Knowledge-based Innovation in China, Vol. 4 Iss 2 pp. 132 – 148. <http://dx.doi.org/10.1108/17561411211235730>
- Yong Cao Li Zhao, (2013),"Analysis of patent management effects on technological innovation performance", Baltic Journal of Management, Vol. 8 Iss 3 pp. 286 – 305. <http://dx.doi.org/10.1108/BJOM-May-2012-0033>
- Yuandi Wang Zhao Zhou, (2011),"Building an integrative framework for national systems of innovation", Journal of Knowledge-based Innovation in China, Vol. 3 Iss 3 pp. 160 – 171. <http://dx.doi.org/10.1108/17561411111167836>
- Yuandi Wang Zhao Zhou, (2012),"Can open innovation approach be applied by latecomer firms in emerging countries?", Journal of Knowledge-based Innovation in China, Vol. 4 Iss 3 pp. 163 – 173. <http://dx.doi.org/10.1108/17561411211288886>

