

## X. TECNOLOGÍA

Eric Campos, Ismael Herrera y Edgar Sánchez<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Una de las principales preguntas que trata de resolver la ciencia económica es ¿por qué algunos países son más prósperos que otros? En un principio la desigualdad económica tenía que ver con la heterogeneidad de recursos de los países, sin embargo, la tecnología, entendida como el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico (según la Real Academia Española, ha actuado como generador de riqueza e igualador de recursos), desde hace siglos ha representado una opción importante, tanto para acceder a un mayor crecimiento económico, como para alcanzar niveles de bienestar más altos, para más personas, en más países. Los países buscan generar crecimiento y desarrollo económico que origine mayor bienestar en general. La tecnología al permitir el aprovechamiento más eficiente de los recursos genera bienestar a la población. Carlk G. en "Farewell to alms" describe el papel de la tecnología a través del tiempo, y del efecto que tiene sobre la productividad y la tasa de crecimiento poblacional. Una de las ventajas que han traído los avances tecnológicos es el aumento de la productividad, ahorrando recursos tan valiosos como el tiempo.

Para Cárdenas (2002) la tecnología es la suma de conocimientos y habilidades que al ser aplicados producen una solución (bienes y/o servicios) que permite resolver un problema determinado para satisfacer una necesidad. Desde el punto de vista marxista la tecnología es la causa de la existencia de los excedentes en la producción que son sinónimo de poder y que conllevan a la desigualdad y el esclavismo. Por su parte los neoclásicos representados en el modelo de crecimiento de Solow explican que los cambios tecnológicos son la causa del crecimiento de los países ya que incrementan la renta per cápita producida en un periodo de tiempo determinado entre la cantidad de población.

Uno de los problemas que hace difícil examinar el progreso tecnológico es que tiene muchas formas, pero existen dos características o efectos que tiene el cambio tecnológico, la primera es la de producir un mayor volumen y la segunda es la de mejorar la calidad del producto o actividad dada una cantidad de recursos. La calidad de vida no ha aumentado principalmente por el mayor consumo de bienes en los países desarrollados, la innovación en los productos y el aumento de la calidad en ellos es un factor importante que explica el aumento de la calidad de vida. Por lo que ignorar la innovación y la calidad de los productos sería ignorar la mayor contribución de largo plazo del progreso tecnológico al bienestar (Rosenberg, 1985).

El capítulo se estructura de la manera siguiente. La primera parte está relacionada con el diagnóstico de la tecnología, particularmente con la adopción tecnológica de los países en desarrollo y el cambio tecnológico. La segunda parte se enfoca en el análisis de la tecnología en México, en el gasto en ciencia y tecnología y la producción de propiedad

---

<sup>1</sup> Los puntos de vista expresados en este documento corresponden únicamente a los autores y no necesariamente reflejan las ideas del ITESM.

intelectual. Finalmente la tercera parte está relacionada con las políticas que se encontraron durante el análisis de la situación actual en México.

## ADOPCIÓN TECNOLÓGICA

La adopción tecnológica se entiende como la capacidad de un país para adoptar y aplicar conocimientos tecnológicos y se determina por su capacidad de absorción, que se define como la capacidad de aprender y adoptar conocimientos desarrollados en el extranjero (Cohen y Levinthal, 1989). En los países en vías de desarrollo la creación de nuevo conocimiento no necesariamente está en el centro de la evolución tecnológica, generalmente se centra en la adopción y aplicación de conocimiento tecnológico desarrollado en el extranjero (Bell y Pavitt, 1992). Sin embargo, se requiere un nivel mínimo de conocimientos y logros tecnológicos previos para lograr una capacidad de absorción significativa (OECD, 1997).

Cuando un usuario (empresa o individuo) adopta una tecnología que el mismo no ha inventado se denomina Difusión Tecnológica y el usuario siempre experimentará beneficios. Los países con baja inversión privada en investigación y donde el desarrollo de nuevas tecnologías es muy costoso, la difusión tecnológica es crucial (López-Acevedo, 2002). A continuación se mencionan factores que contribuyen a una mejor difusión tecnológica:

- 1.- Mayor competencia. Según Blomstrom, Kokko y Zejan (1992) “Mayor competencia local alienta la importación de tecnología por parte de las filiales multinacionales. Por lo tanto, una manera de maximizar el flujo de entrada de la tecnología moderna es la de crear un entorno competitivo en el que las empresas operen”.
- 2.- Mayor número de empresas grandes. Globberman (1975) encuentra una relación positiva entre el tamaño de empresa y su grado de adopción tecnológica. Las empresas grandes pueden absorber más fácilmente los costos de adopción de una nueva tecnología y por consiguiente pueden encontrar una amplia gama de tecnologías que satisfagan sus necesidades.
- 3.- Liberalización del comercio. Romer (1994) sostiene que las barreras al comercio generan distorsiones que pueden afectar la eficiencia en la productividad impidiendo la implementación de nuevas tecnologías. Como evidencia a lo anterior, Iscan (1998) encuentra que después de la liberalización, la productividad total de los factores (PTF) en la industria manufacturera mexicana aumentó. La liberalización del comercio enfrenta a las empresas exportadoras a una mayor competencia en el extranjero por lo que se ven presionadas a la adopción de nuevas tecnologías para mantener y/o mejorar su competitividad.
- 4.- Mayor inversión extranjera directa. El establecimiento de empresas extranjeras genera una difusión tecnológica en la cadena productiva siempre y cuando exista una política pública que incentive a las empresas extranjeras a abastecerse de proveedores locales.

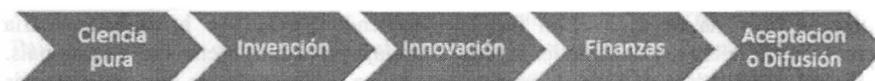
Adicionalmente en el largo plazo se puede optar por políticas para incentivar la creación de tecnología a nivel nacional para aprovechar los beneficios que trae el cambio tecnológico. Diferentes autores han estudiado el cambio tecnológico como Kuznets y Schumpeter, y sus hallazgos principales son que el cambio tecnológico está fuertemente relacionado con la innovación y el emprendedurismo. A raíz de esto diferentes estudios y políticas se han adoptado en diferentes países para incentivar tanto sistemas de innovación regional como apoyo financieros y técnicos a emprendedores.

## CAMBIO TECNOLÓGICO INNOVACIÓN Y EMPRENDEDURISMO

Como se mencionó anteriormente dos de los principales factores estudiados en el cambio tecnológico es la innovación y el emprendedurismo. Una invención es diferente a la innovación siendo la invención la primera idea que tiene una persona para mejorar un producto o proceso o crear uno nuevo, mientras que la innovación es el primer intento de llevarla a la práctica, por lo que sin innovación esa idea no se materializaría (Fagerberg, 2006).

Uno de los primeros modelos relacionados a la tecnología y la economía fue el modelo lineal de innovación introducido por Maclaurin en el cual identificó cinco pasos que llevan a la innovación tecnológica, los cuales pueden apreciarse en la figura 1.

Figura 1. Modelo lineal de innovación de Maclaurin



(Godin, 2008)

En este diagrama podemos observar que la ciencia básica es muy importante dentro del modelo debido a que de acuerdo con el autor es de ahí donde nacen las ideas que posteriormente pueden quedar materializadas en mejoras tecnológicas. Otro de los puntos importantes es el factor de la inversión que es muy importante para el desarrollo de las ideas.

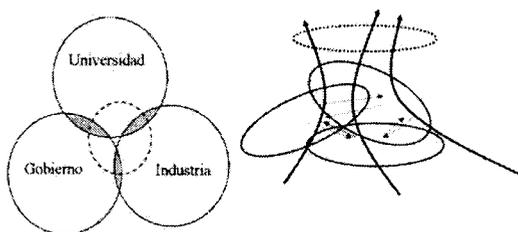
Kuznets define la innovación como la aplicación de una nueva manera de alcanzar un fin útil. El autor se enfoca en las innovaciones tecnológicas porque son un factor importante en el moderno crecimiento económico y menciona que la Innovación de procesos típicamente envuelve nueva maquinaria o equipo en el que la innovación se cristaliza. Las innovaciones tienen dos tipos de impactos y las clasifica como mayores y menores. Las innovaciones mayores envuelven ajustes y transformaciones en los patrones de trabajo y vida, mientras que las menores tienen impactos muy específicos en ciertos sectores. Las innovaciones pueden ser para reducir costos o crear nuevos productos, adicionalmente las innovaciones tienen diferentes efectos sobre los demás mercados, hay

innovaciones que tienen una amplia variedad de aplicaciones como las relacionadas a la generación de energía. Por otro lado existen innovaciones que son muy específicas y no tienen un gran impacto en otros sectores. Las innovaciones pueden tener efectos negativos en ciertos sectores y factores productivos como en la mano de obra, adicionalmente puede crear inequidades entre sectores debido a que se concentran en ciertos sectores en ciertos periodos. Al mismo tiempo, la tecnología tiene la capacidad de superar los efectos negativos de las innovaciones pasadas (Kuznets, 1972).

Es importante mencionar el papel de los sistemas nacionales y regionales de innovación en los cuales los principales actores son: el gobierno, universidades o sistemas educativos y las empresas. El gobierno establece principalmente el marco o la regulación para las interacciones entre los actores, las universidades preparan el capital humano y las empresas son los usuarios de las innovaciones, demandantes de las mismas. La eficiencia de los sistemas de innovación radica en qué tan efectivas son las relaciones entre los tres principales agentes, la fortaleza de su comunicación y los resultados derivados de esas transferencias de conocimiento.

El mejor caso para ver esta relación es el de Corea del Sur, en donde durante los años 70s debido a que la economía era dirigida por el estado militar, se pudo observar una fuerte actividad entre las instituciones y gobierno, ya que había incentivos de legitimidad y financieros para fortalecer esta relación. Después, durante los años 80s, con la apertura y liberalización de la economía, los incentivos cambiaron y se puede observar que la actividad entre gobierno e instituciones disminuyó y aumentó la relación instituciones-industria. Esto fortaleció y consolidó la industria Coreana en sectores estratégicos. Ya para los años 90s, con la caída del régimen socialista en Rusia y la apertura de China, se presiona el sistema de innovación Coreana, haciéndola enfocarse hacia la industria intensiva en tecnología y conocimiento, que se tradujo en activos esenciales de este país. Recientemente, a partir de la crisis monetaria asiática a finales de los 90s, los sistemas regionales se vieron influenciados por una política gubernamental hacia la investigación con criterios globales, especialmente enfocados a innovaciones y tecnologías viablemente comerciables internacionalmente (Laydesdorff, 2010). Esto refleja la complejidad de las redes y de cómo los incentivos cambian a través del tiempo. Laydesdorff en un trabajo de 2012 ilustra el efecto dinámico del modelo de las 3 hélices.

Figura 2. Modelo Dinámico de las tres Hélices



Fuente. Laydesdorff, 2012.

En los últimos 50 años, la creación de tecnologías se incrementó en todo el mundo, especialmente en Japón y Estados Unidos. La importancia de las solicitudes de patentes radica en el número de tecnologías disponibles para su explotación comercial. Lo anterior nos lleva a analizar el desarrollo tecnológico, el cual nace de los procesos de investigación y desarrollo (I & D), que culmina en muchos casos en la creación de nueva tecnología comerciable, la cual aumenta la productividad. Por lo que podemos hablar de la tecnología como un producto. Existen numerosos estudios en donde se comprueba la relación positiva entre el gasto en I & D y el crecimiento de la producción, siendo la conclusión general que la innovación contribuye significativamente al crecimiento (Cameron, 1998). Si un país adopta tecnologías modernas e invierte en la formación de una mano de obra especializada para usar esas tecnologías, puede desarrollar una ventaja comparativa en ese sector aun cuando no se tenía en un inicio esta ventaja (Daniel Chiquiar, 2009).

### ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA

En el cuadro 1 se muestra el crecimiento económico promedio durante los 15 años posteriores a la implementación de un programa estratégico integral de innovación por parte de Finlandia, Irlanda, Singapur y Estados Unidos. En todos los casos la implementación de estos programas logró tener un impacto positivo en el crecimiento económico. Irlanda y Singapur fueron los países con tasas de crecimiento superiores a 8% del PIB.

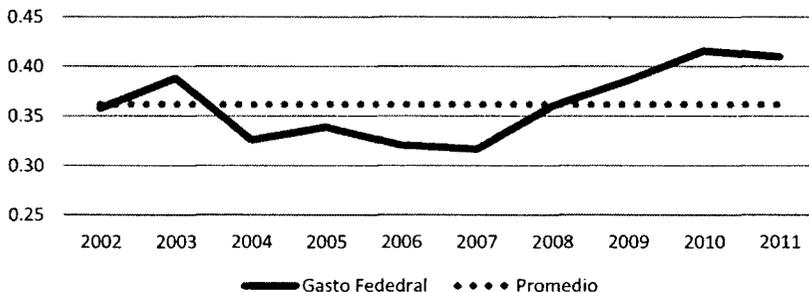
Cuadro 1. Países exitosos con estrategias nacionales de innovación

País	Desarrollo de estrategia integral de innovación	Crecimiento económico en el quinquenio anterior	Crecimiento Económico en el quinquenio posterior
Finlandia	Mediados de los 90's	1990-1994: -1.2%	1995-1999: 4.5%
Irlanda	1997	1992-1996: 5.9%	1997-2001: 9.2%
Singapur	Mediados de los 80's	1981-1985: 6.5%	1986-1990: 8.5%
Estados Unidos	Inicios de los 80's	1978-1982: 1.8%	1983-1987: 4.5%

Fuente. Elaboración propia con datos del Programa Nacional de Innovación.

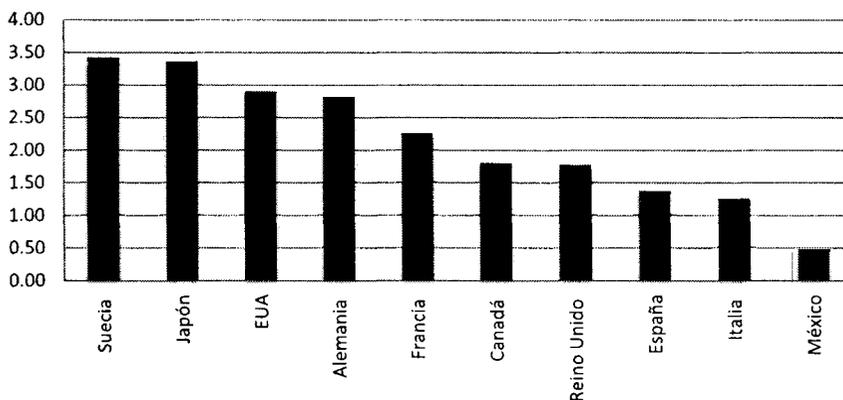
De acuerdo al artículo 3º constitucional, el Gobierno Federal está obligado a apoyar la investigación científica y tecnológica. Con la promulgación de la Ley de Ciencia y Tecnología en el 2002 se establecieron los mecanismos e instituciones para la inversión de por lo menos el 1% del PIB para el año 2012. La importancia del gasto de los países en ciencia y tecnología radica en que existe un efecto positivo entre la inversión en este rubro y el crecimiento de la producción nacional (Cameron G., 1998). En la última década, México ha invertido en promedio 0.36% de su PIB en Ciencia y Tecnología, mientras que países como Suecia y Japón invierten más del 3%.

Figura 3. México: Gasto federal en ciencia y tecnología como proporción del PIB.



Fuente. Elaboración propia con datos del Conacyt (2011).

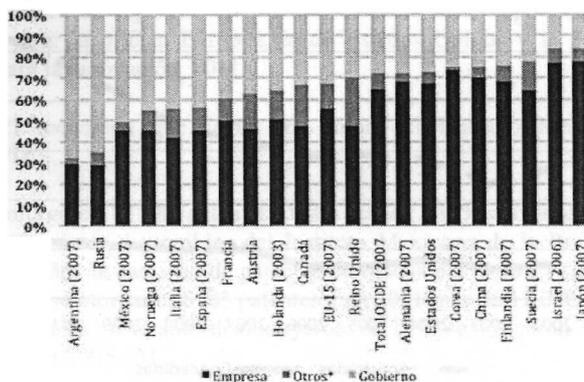
Figura 4. México: Gasto en investigación y desarrollo como proporción del PIB.



Fuente. Elaboración propia con datos del CONACYT (2011).

No sólo el gobierno invierte en ciencia y tecnología (CyT) también las empresas, universidades e instituciones dedicadas a la investigación y desarrollo. Sin embargo, países en los que las empresas invierten más en CyT en comparación con el gobierno tienen un mayor nivel tecnológico. Lo anterior se debe a que las empresas multinacionales son líderes de tecnología y cerca de la mitad del gasto en investigación y desarrollo es realizado por 700 empresas. (OCDE, 2010). La figura 5 muestra el tipo de fuente de financiamiento de la inversión tecnológica.

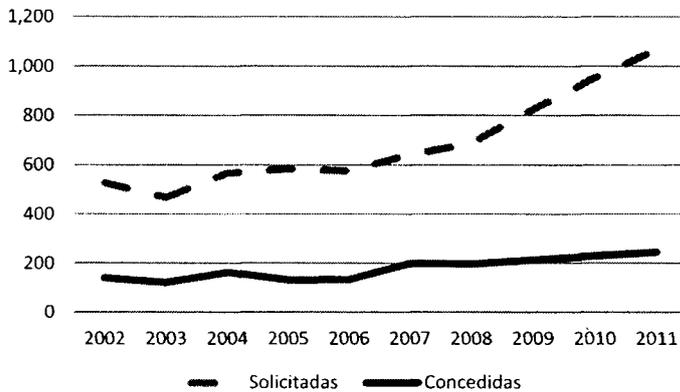
Figura 5. Gasto en Ciencia y tecnología por fuente de financiamiento como proporción del total nacional.



Fuente. Elaboración propia con datos de la OCDE (2009).

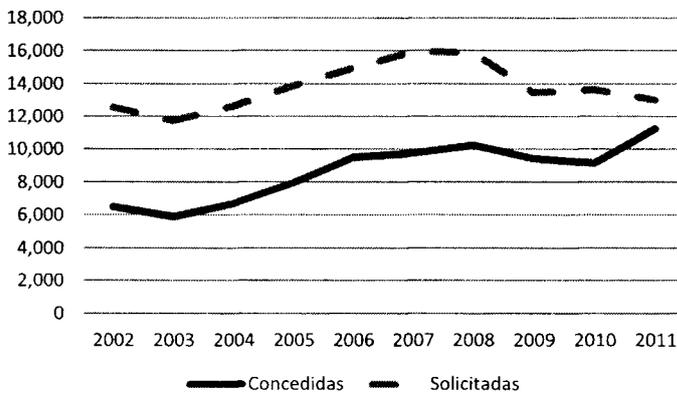
En México, a partir de los 90's se inició la modernización de la legislación sobre la propiedad intelectual para incentivar la producción y adopción de nuevas tecnologías. Como resultado de estas reformas a la legislación se puede apreciar un crecimiento en el registro de patentes tanto nacionales como extranjeras, siendo estas últimas mayores que las nacionales la mayor parte del tiempo (Comité Intersectorial para la innovación, 2011). Un sistema fuerte en la protección de derechos intelectuales es uno de los principales factores en la transferencia de tecnología de los países extranjeros, ya que la firma internacional al introducir su tecnología al país receptor corre el peligro de que su desarrollo sea copiado y reproducido sin tener recursos legales para impedir esta acción. Un estudio empírico para Estados Unidos muestra que la transferencia de tecnología hacia el exterior es sensiblemente significativa a cambios en los regímenes locales de protección a derechos intelectuales (Lee Branstetter, 2005). Adicionalmente, se ha encontrado evidencia significativa que relaciona los flujos de inversión directa extranjera en I & D en el país receptor por parte de Estados Unidos, con el nivel del sistema de protección de la propiedad intelectual (Maskus, 1998). A menor nivel de protección menor inversión.

Figura 6. Patentes solicitadas y concedidas a mexicanos, 2002 – 2011.



Fuente. Elaboración propia, Conacyt (2011).

Figura 7. Patentes solicitadas y concedidas a extranjeros, 2002-2011.



Fuente. Elaboración propia, Conacyt (2011).

Es importante recalcar el bajo nivel de patentes registradas por parte de mexicanos (Ver figura 6) ya que es muestra de que el desarrollo de tecnologías comerciales no está siendo aprovechado y que los sistemas de innovación regional tienen deficiencias. (Hernández y Díaz) han estudiado la relación entre la producción de artículos académicos y tesis en relación con la producción de patentes para México y nivel regional, partiendo de la hipótesis del enfoque endógeno de que la generación de ideas (artículos académicos) son fuente de innovación. Los resultados de su investigación arrojan que a nivel nacional hay rendimientos decrecientes en la generación de patentes para el periodo 1980-2002. Pero regionalmente encuentran rendimientos crecientes para los estados de Nuevo León, Distrito Federal, Querétaro y Morelos (Sergio H., 2007)

Adicionalmente a la protección intelectual registrada dentro del territorio nacional existen la familia de tríadicas que es un conjunto de patentes de distintos países que protegen una invención, la cuales se registran en las tres oficinas más importantes de propiedad intelectual que son: la oficina Europea, la de Estados Unidos y la de Japón (Comité Intersectorial para la innovación, 2011).

Rosagel (2012) menciona que según los datos del Instituto Mexicano Propiedad Industrial (IMPI):

En 2011 se otorgaron 11,485 patentes, de las cuales 2.13% corresponden a mexicanos de acuerdo con datos disponibles del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). En 18 años la cantidad de patentes otorgadas por el IMPI aumentó casi en un 100%, en 1993 se otorgaron 6183 patentes y en 2011 más de 11,000. Sin embargo, las patentes otorgadas a mexicanos disminuyeron: en 1993 se otorgaron 343, en 1994 288, en 1995 148 y en 2005 131.

En entrevista para El Financiero (2011), Alejandro Desfassiaux, presidente de Grupo Multisistemas de Seguridad Industrial menciona que:

El 5.62% de las patentes que se registran en México, todas son privadas y de éstas, el 70% no se explotan comercialmente. Además, del total de trámites que se inician para solicitar una patente, más del 20% quedan en el olvido y no se concluyen. Aunado a esto existe una desvinculación entre ciencia y empresa. Los inventos carecen de un enfoque de explotación comercial y, por otra parte, los empresarios del país prefieren invertir en tecnología extranjera.

“El difícil panorama de México obedece a múltiples causas. Una de la razones de fondo se relaciona con una economía basada en el consumo y la maquila, las formas más retrasadas de inserción en un mundo global, afirma Aboites Aguilar” (Avilés, et al., 2010).

## **POLÍTICAS PÚBLICAS DE TECNOLOGÍA**

Dada la importancia de la competencia en la adopción de tecnología es necesario generar las políticas necesarias que contribuyan a aumentar la competencia en los principales sectores de la actividad económica, como lo son el sector de telecomunicaciones y el energético. Mayor competencia se traduce en un incremento en la velocidad de adopción de tecnología por parte de las empresas en el mediano plazo y en el largo plazo incentiva al desarrollo y generación de tecnología.

Las políticas de fomento a la innovación se deben de enfocar en mejorar las conexiones entre los agentes, principalmente la interacción entre el sector empresarial y las universidades, creando incentivos para que se utilice el capital humano. Por lo que se podría crear una plataforma en donde las empresas puedan presentar sus problemáticas y

presupuestos y las universidades puedan participar en la solución de los problemas, acompañado de incentivos fiscales para las empresas al utilizar esta plataforma.

## REFERENCIAS

- Avilés, et. al. (2010) Rezago Tecnológico. *La Jornada*. Consultado (28 de agosto de 2012), de (<http://www.jornada.unam.mx/2011/06/20/politica/002n1pol>)
- Bell, M. and K. Pavitt. (1992). "Accumulating Technological Capability in Developing Countries." Proceedings of the World Bank Annual Conference on Development Economics, Supplement to *The World Bank Economic Review* and *The World Bank Research Observer*, Washington D.C.
- Blomstrom, M., A. Kokko and M. Zejan. (1992). "Host Country Competition and Technology Transfer by Multinationals." Working Paper 4131. National Bureau of Economic Research.
- Cárdenas Cutiño, G. (2002). *Diccionario de Ciencias Económico Administrativas*, editado por el Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA), 3ª edición, México, p. 446.
- Cohen, W. M. and D. A. Levinthal. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. *Economic Journal*, 99 (9), 569-96.
- Cameron, G. (july de 1998). Innovation and Growth: a survey of the empirical evidence. Oxford University.
- Comité Intersectorial para la innovación. (2011). Programa Nacional de Innovación. Mexico.
- Daniel Chiquiar, M. R.-F. (november de 2009). Competitiveness and Growth of the Mexican Economy. Banco de México.
- Fagerber, J. (2006). Innovation: A Guide to Literature. *The Oxford Handbook of Innovation*, 1-27.
- El Financiero (2011). Desinterés por las patentes en México. *elfinanciero.com.mx*. Consultado (28 de agosto de 2012), de (<http://www.elfinanciero.com.mx>)
- Globerman, S. (1975). Technological Diffusion in the Canadian Tool and Die Industry. *Review of Economics and Statistics*, 57(4), 428-34.
- Godin, B. (2008). In the Shadow of Schumpeter: W. Rupert Maclaurin and the Study of Technological Innovation. *Minerva: A Review of Science, Learning & Policy*, 343-360.

- Kuznets, S. (1972). Innovations and adjustments in economic growth. *Swedish Journal of Economics*, 431-451.
- López-Acevedo, G. (2002). *DETERMINANTS OF TECHNOLOGY ADOPTION IN MEXICO*. Mexico – Technology, Wages, and Employment.
- Lengyel, B., & Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix of University-Industry-Government Relations: The failing synergy at the national level. *Encyclopedia of Creativity, Innovation, and Entrepreneurship*, Recuperado electrónicamente de <http://www.leydesdorff.net>
- Leydesdorff, L. & Zawdie, G. (2010). The triple helix perspective of innovation systems. *Technology analysis & strategic management*, 22 (7), 789-804.
- Lee Branstetter, R. F. (2005). Do stronger intellectual property rights increase international technology transfer? Empirical evidence from U.S. firm level data.. Cambridge, Massachusetts: National bureau of economic research.
- Maskus, K. E. (1998). The role of intellectual property rights in encouraging foreign direct investment and technology transfer. *Duke Journal of Comparative & International Law*, p109-161.
- Sergio H., E. D. (2007). La producción y el uso del conocimiento en México y su impacto en la innovación, análisis regional de las patentes solicitadas. *Análisis Económico*, 185-217.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1997. *Diffusing Technology to Industry: Government Policies and Programmes*. Paris.
- OECD. (2009). *OECD. StatExtracts*. Recuperado el 3 de Noviembre de 2012, de <http://stats.oecd.org/#>
- Rosagel, Shaila (2012). Le 'comen las patentes' a México. *Manufactura.mx*. Consultado (28 de agosto de 2012), de (<http://www.manufactura.mx/industria/2012/03/05/le-comen-las-patentes-a-mexico>)
- Rosenberg, N. (1985). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Romer, P. (1994). "New Goods, Old Theory, and the Welfare Costs of Trade Restrictions." *Journal of Development Economics*, 43(1), 5-38.