

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS**

TESIS

TESIS
2014

HÉCTOR MANUEL MALACARA HERNÁNDEZ

**“Determinantes de la innovación
tecnológica regional en México:
1994-2012”**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONOMICAS

MAESTRIA EN ECONOMIA REGIONAL

TESIS

“Determinantes de la innovación tecnológica regional en México: 1994-2012”

que se presenta como requisito parcial para obtener
el grado de Maestro en Economía Regional

HÉCTOR MANUEL MALACARA HERNÁNDEZ

Comité Evaluador:

Director: Dr. Luis Gutiérrez Flores
Co-director: Dr. Vicente Germán Soto
Lector: Dr. Daniel Flores Curiel

Saltillo, Coahuila, México

Septiembre de 2014

Agradecimientos.

Todo el esfuerzo y trabajo aplicado para llevar a cabo esta investigación se lo dedico primeramente a Dios por siempre estar conmigo. A mi familia y amigos por todo su cariño y respaldo mostrado en las decisiones que he tomado. A mis asesores, maestros y amigos del CISE por formar parte de esta experiencia. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del posgrado (CVU 484591). A la sociedad en general, a quien se debe la educación pública universitaria.

Índice.

Introducción	3
Capítulo 1. Innovación tecnológica	7
Introducción.....	7
1.1 Teoría neoclásica de la innovación	7
1.1.1 La firma y la innovación tecnológica	8
1.1.2 Fuentes de la innovación tecnológica.....	11
1.2 Teoría endógena de la innovación	12
1.2.1 Economías de aglomeración y estructuras de mercado	12
1.2.2 Capital físico, capital humano y capital público.....	14
1.2.3 Inversión en I+D y nuevos mercados.....	17
1.3 Teoría evolucionista de la innovación	20
1.3.1 Las bases schumpeterianas	20
1.3.2 El proceso evolutivo de la innovación tecnológica.....	22
1.3.3 Paradigmas y trayectorias tecnológicas.....	24
1.3.4 Los sistemas de innovación tecnológica.....	26
1.4 Patentes como “ <i>proxy</i> ” de la innovación tecnológica	28
1.5 Comentarios finales	31
Capítulo 2. Antecedentes empíricos de los determinantes de la innovación tecnológica.	33
Introducción.....	33
2.1 Modelos recientes.....	34
2.2 Evidencia en el ámbito internacional.....	36
2.2.1 Impacto de la innovación sobre la dinámica económica regional	36
2.2.2 Innovación como función de producción del conocimiento	39
2.3 Evidencia en el ámbito nacional.....	44
2.3.1 Innovación a nivel sectorial	44
2.3.2 Impacto de la innovación sobre la dinámica económica regional en México	46
2.3.3 Geografía de la innovación en México.....	48
2.4 Comentarios finales	50

Capítulo 3. Aspectos metodológicos, descripción de variables y especificación econométrica	52
Introducción.....	52
3.1 Datos e información disponibles	52
3.1.1 Patentes.....	53
3.1.2 Fuerzas de aglomeración	54
3.1.3 Capital humano.....	55
3.1.4 Concentración industrial	56
3.2 Modelo y técnicas de panel de datos	57
3.2.1 Panel de Datos	57
3.2.2 Especificación empírica del modelo.....	63
3.3 Regionalización y efectos de interacción	65
3.4 Comentarios Finales	70
Capítulo 4. Factores determinantes de la actividad innovadora regional en México	72
Introducción.....	72
4.1 Análisis descriptivo.....	73
4.2 Análisis global de la innovación regional en México	75
4.3 Geografía de los determinantes de la actividad innovadora	80
4.4 Factores que impulsan la innovación entre estados ricos y pobres	87
4.5 Comentarios finales	91
Conclusiones generales	93
Bibliografía	99

Introducción.

Las transformaciones tecnológicas que han tenido lugar durante las últimas décadas a nivel mundial han marcado la pauta para gestar una serie de cambios estructurales en la economía, la política y las relaciones sociales que, como dice Stiglitz (1995), han reconfigurado la toma de decisiones de los agentes económicos.

La evolución técnica no ha impactado en todos los agentes de forma semejante, por el contrario, se han generado procesos asimétricos de crecimiento y desarrollo entre las naciones y dentro de las mismas, resaltando la importancia de comprender cuáles son los factores específicos que determinan los cambios tecnológicos, dado el vínculo entre ellos y el crecimiento, con particular relevancia en un nivel regional, pues es ahí donde en última instancia se lleva a cabo la dinámica de producción y consumo.

En los trabajos de Castells (1999) y Martinelli (2003) se reitera la importancia que ha tenido la relocalización de la producción en términos del crecimiento y desarrollo de las regiones, en virtud de las sinergias y consecuencias positivas y negativas que genera. En cualquier caso, la evidencia empírica sugiere que las decisiones tomadas por los actores globales dependen de dos factores:

- la nueva base tecnológica que rige los procesos de producción, distribución y consumo y,
- el papel del gobierno, en todas sus escalas, para generar las condiciones necesarias que encaucen la localización de las firmas en determinados espacios territoriales.

Como se mencionó, la actividad innovadora conforma un elemento fundamental para incrementar la producción y elevar la productividad. Dicha relación ha sido aceptada desde el surgimiento de los modelos crecimiento endógeno de Lucas (1988), Barro (1990), Romer (1994) y Grossman y Helpman (1994).

Existe otra línea de trabajos que han analizado las posibles causas de un determinado nivel de patentamiento¹, a través de las funciones de producción del conocimiento, como los de Jaffe (1986 y 1989), Griliches (1991), Anselin (1997), Feldman y Audretsch (1999), Acs *et al.* (2002), Carlino *et al.* (2007) y Agrawal *et al.* (2008). Al igual que estos estudios, este trabajo considera que las patentes reflejan el estado tecnológico y la capacidad de innovación de una economía.

Uno de los principales planteamientos de los modelos que analizan el cambio tecnológico es que las economías tienen distintas tasas de crecimiento debido a las diferentes capacidades que poseen en innovación. A nivel regional resulta aún más interesante conocer cuáles son los posibles determinantes de esa innovación, cuáles son sus diferencias y poder entonces aplicar políticas enfocadas a reducir tales divergencias.

Para el caso de la economía mexicana, algunos autores como Esquivel (2003), Chiquiar (2005), Mendoza, *et al.* (2008) y Jordaan y Rodríguez-Oreggia (2012) han demostrado la existencia de disparidades en la dinámica económica de los estados del país, sobre todo a partir de la apertura comercial. Dado lo anterior, el trabajo considera relevante saber cómo se caracteriza la actividad innovadora de las economías regionales en México, a través de sus posibles determinantes, durante la etapa de economía abierta (1994-2012), pues ahí se puede encontrar una vía interesante para lograr la convergencia.

Es así que se plantea la hipótesis general de que *la innovación tecnológica regional en México, medida a través del patentamiento, es explicada por el nivel de escolaridad, el gasto en universidades públicas, la densidad urbana y la localización industrial de alta tecnología, considerados éstos como los principales elementos que la determinan. Además, se considera que los aspectos socioeconómicos pueden generar un aprovechamiento distinto de tales recursos en innovación, por lo que se plantean dos hipótesis específicas: (1) existen diferencias en la actividad innovadora y los factores que la impulsan entre la región norte, centro y sur-golfo del país; y (2) la innovación y sus determinantes son diferentes entre estados ricos y pobres del país, siendo los primeros más eficientes.*

¹ Patentamiento es una traducción literaria de *patenting* usado en publicaciones en el idioma inglés.

El objetivo principal de esta investigación es identificar cómo las distintas dotaciones de recursos de innovación con que cuentan las entidades federativas mexicanas impactan sobre su nivel de patentamiento. Un segundo propósito es determinar las principales diferencias que existen en la actividad innovadora de tres regiones socioeconómicas definidas por los estados del norte, centro y sur del país. Como tercer objetivo se pretende explicar el comportamiento en innovación entre estados pobres y ricos del país, distinguir la eficiencia con que utilizan los factores que poseen para patentar e identificar sus desigualdades.

El trabajo hace uso de las técnicas de panel de datos, en concreto se realizan regresiones combinadas, con efectos fijos y efectos aleatorios, así como de efectos dinámicos. Se realizan las pruebas correspondientes para la selección del modelo que mejor explique la heterogeneidad no observable entre los estados mexicanos. Después se hace uso de modelos con variables dicotómicas para detectar las diferencias generales entre regiones y entre estados ricos y pobres para finalmente, bajo los efectos de interacción, especificar qué elementos explican las distintas capacidades innovadoras entre unos grupos y otros.

Se utiliza una serie anual de acumulación de patentes como variable dependiente debido a que se supone que el impacto de una patente sobre la economía perdura a través del tiempo, en ocasiones a largo plazo. Por otra parte, las variables acumuladas representan el rendimiento no solo de ese año sino el de periodos anteriores. Además, la significancia de los factores que determinan los niveles de patentamiento, como medio para incrementar la generación de conocimientos, sigue en investigación.

El uso de series de patentes como *proxy* para medir la innovación puede sustentarse en trabajos como los de Griliches (1991 y 1998) que han demostrado la eficiencia en el recuento de patentes debido a su alta correlación con otros indicadores de innovación como la inversión en I+D, también por el valor económico que tienen y por ser un estadístico homogéneo entre países.

El estudio contribuye en primer lugar, en responder cómo la actividad innovadora de las regiones mexicanas se encuentra explicada por las fuerzas de aglomeración, la estructura industrial y el capital humano así como verificar si el efecto y dirección del impacto de dichas variables es acorde a lo que

predice la teoría. En segundo lugar, a nivel empírico este trabajo no se ha llevado a cabo para México, a lo sumo la evidencia previa se centra en aspectos teóricos sobre el cambio tecnológico, sin embargo, esta propuesta pone énfasis en los factores que impulsan el patentamiento, antes de dar lugar a un cambio técnico. En tercer lugar, las herramientas de panel de datos son aún una novedad en el tema de patentes. Finalmente, los efectos multiplicativos son útiles para saber cómo se encuentra la brecha de innovación en la diversidad regional del país.

Aunque puede haber otros elementos que influyen en el patentamiento de una economía, el conjunto de variables elegido aquí obedece, primero a su relación teórica con la idea de patentes, pero además, porque los resultados sugieren que efectivamente las variables seleccionadas tienen un impacto significativo a nivel de los estados mexicanos.

Las actividades manufactureras de alta tecnología, como la petroquímica, la metal-mecánica y la maquinaria y equipo, y el capital humano, medido por la escolaridad media, son identificados como los principales determinantes del patentamiento, lo que apunta a la existencia de patrones geográficos en la innovación del país y es acorde a lo hallado por Germán-Soto y Gutiérrez (2013). Por otro lado, se halla que efectivamente los estados ricos innovan más que los pobres y que, mientras la aglomeración o el subsidio en educación superior resultan más importantes para explicar el patentamiento en las regiones Sur y Centro respectivamente, los estados del Norte se encuentran más bien en un proceso de aprendizaje tecnológico y no de innovación por recursos autóctonos.

La estructura del trabajo es la siguiente. Luego de la introducción se presenta el primer capítulo con los aspectos teóricos contemporáneos. Un segundo capítulo contempla la literatura empírica relevante para este trabajo. El tercer capítulo explica lo correspondiente a la metodología y especificación econométrica. En el cuarto capítulo se presentan los resultados sobre la innovación regional en México. Por último, se describen las conclusiones generales, algunas propuestas de política y posibles líneas de investigación.

Capítulo 1. Innovación tecnológica.

Introducción.

El presente capítulo tiene por objetivo presentar los marcos conceptuales relativamente contemporáneos desde los cuales se analiza la relación existente entre el cambio tecnológico y la dinámica de las economías. Se identifican los principales supuestos bajo los cuales descansan las propuestas explicativas, haciendo énfasis en el contexto espacial, toda vez que desde el surgimiento de la “Nueva Geografía Económica” el enfoque regional ha adquirido mayor interés dentro del análisis.

Se contempla que la relevancia del territorio ha llevado a una flexibilización de los supuestos, misma que da lugar al desarrollo de nuevos esquemas conceptuales, al pasar de los principios neoclásicos, a las aportaciones de la teoría evolutiva de la innovación y del crecimiento endógeno y de forma paralela del enfoque microeconómico al macroeconómico como el de recientemente mayor relevancia para la investigación empírica.

El conocimiento de la teoría neoclásica de la tecnología, como la función de producción de las firmas y su contraste con los modelos endógenos, y de los postulados neoschumpeterianos sobre la innovación tecnológica, como la relación entre distintos elementos y agentes económicos, permiten comprender el progreso teórico sobre el proceso de innovación, su relevancia en la economía y sus posibles determinantes. Ello da origen al sustento teórico de la presente investigación.

1.1 Teoría neoclásica de la innovación.

Esta corriente del pensamiento sustenta sus planteamientos sobre la innovación y cambio tecnológico en modelos de crecimiento económico que se rigen bajo los siguientes supuestos²:

² Los supuestos presentados al inicio de cada subtema del capítulo son síntesis propias con base en la literatura citada en el respectivo apartado.

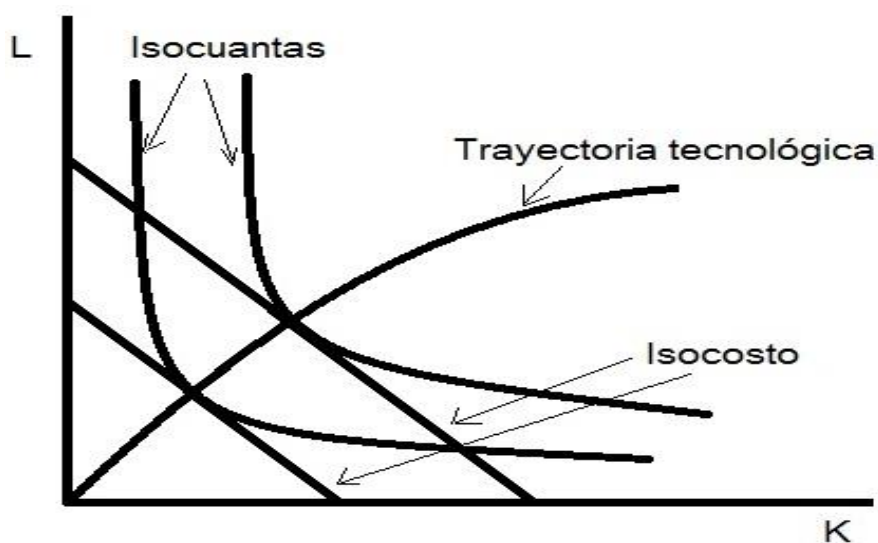
- a) El sistema económico tiende hacia el equilibrio general de la producción y consumo, siempre y cuando se deje a las fuerzas del mercado la libre asignación de los recursos.
- b) Se suponen estructuras de mercado perfectamente competitivas en donde las decisiones de los agentes económicos, tomadas libre y racionalmente permiten, a través del sistema de precios, una óptima distribución de los recursos.
- c) El papel del Estado se reduce a corregir las fallas del mercado, tales como la asignación de bienes públicos y las externalidades o estructuras de información asimétrica.
- d) Se da por hecho que los agentes económicos poseen información perfecta en cuanto a los precios y las decisiones que toman otros agentes económicos.
- e) La función de producción representa a las firmas y a su base tecnológica, dicha función muestra rendimientos decrecientes de los factores productivos.
- f) El progreso tecnológico se determina por todo aquel elemento exógeno a la función de producción que permite incrementar la productividad de los insumos.
- g) El cambio tecnológico es un proceso lineal entre invención-innovación-difusión. La información y la investigación aplicada son consideradas las actividades que mejoran la eficiencia de los factores productivos.
- h) Se considera que no hay restricciones a la difusión del conocimiento y por lo tanto, la invención-innovación se considera como un bien público.

1.1.1 La firma y la innovación tecnológica.

Bajo la teoría neoclásica la empresa queda representada por su función de producción, que describe cuantitativamente distintos métodos de producción de *outputs* o productos, en función de las necesidades de *inputs* o factores productivos, por lo general trabajo y capital, con el fin de maximizar su beneficio. Las consideraciones tecnológicas quedaron formalizadas principalmente por los modelos de Solow (1957).

Mediante las curvas isocuantas e isocosto se puede ver reflejado el cambio tecnológico. Las isocuantas muestran las distintas combinaciones de trabajo y capital que generan la misma cantidad de producto, las isocosto muestran las combinaciones de factores que generan el mismo costo de producción y el nivel óptimo de producción es aquel donde la curva isocosto hace tangencia con la isocuanta (Nicholson, 2006: 186-187).

Figura 1. Enfoque neoclásico de la tecnología.



Fuente: Elaboración propia con base en Nicholson (2006).

El conjunto de puntos óptimos de producción reflejarían la función de producción y, por tanto, la base tecnológica de la empresa. A nivel agregado, la tecnología de una economía queda representada por el volumen máximo de producción, dentro de un conjunto de posibilidades de producción, dados los factores productivos que posee, como se muestra en la Figura 1.

El enfoque neoclásico del cambio tecnológico tiene sustento en los postulados macroeconómicos de Solow (1956) y Swan (1956), quienes formalizaron el progreso técnico como parte de la dinámica del crecimiento. En un primer trabajo los autores señalaron que el incremento de la producción en un país o región se vería determinado por la acumulación de capital físico. Utilizando una función de producción agregada con rendimientos decrecientes, ellos demostraron que la razón de capital por trabajador determina la acumulación de capital, siendo el cambio tecnológico un elemento residual que impacta sobre el producto final.

Al tener factores de producción con rendimientos decrecientes, el crecimiento económico no es sostenible en el tiempo aunque sí convergente, pues aquellas economías con menor tasa de capital por trabajador serán más atractivas a la inversión que aquellas que cuentan con una mayor dotación de capital pues se vuelve menos rentable. Así, con el libre flujo de factores, la tendencia a largo plazo sería igualar las tasas de crecimiento entre economías pobres y ricas independientemente de su base tecnológica (Sala-i-Martin, 1995: 1340).

El cambio técnico se supone como un proceso lineal que se desenvuelve bajo el conjunto de información con que cuentan los agentes económicos para tomar decisiones de producción más eficientes. De acuerdo con Nicholson (2006), para los modelos neoclásicos a medida que una economía cuenta con estructuras de información más simétricas es posible la convergencia, pues las innovaciones pasan a ser de carácter público.

Luego, en Solow (1957), se encontró que cerca del 87.5 por ciento del crecimiento de la producción obedece a factores externos a la acumulación de capital que explica sólo el 12.5 por ciento. Dichos factores se relacionaron al cambio tecnológico que desde ese momento se consideró exógeno, este hallazgo se conoce como el residuo de Solow.

Los trabajos de Uzawa (1965) y Nordhaus (1969) también resultaron relevantes pues plantearon por un lado que la eficiencia del trabajo puede ser un indicador del cambio tecnológico, generado por factores exógenos como la educación, salud o infraestructura. Ellos concluyen, al igual que Solow (1957), que la tasa óptima de eficiencia del trabajo debe ser aquella que se iguala a la razón de capital por trabajador, además, también concuerdan en que las innovaciones inciden sobre la calidad de los factores productivos para determinar el nivel de crecimiento. Los autores, además, sugirieron que las invenciones son un bien público, por lo que su difusión no tiene costos a menos de que el conocimiento se patente, lo cual permitiría ciertos monopolios y economías a escala. Esta última idea se retoma en los posteriores modelos endógenos del crecimiento.

1.1.2 Fuentes de la innovación tecnológica.

La teoría neoclásica considera al proceso de innovación tecnológica como un elemento externo a la dinámica económica, en donde la tecnología de producción es determinada por los flujos de información que producen más información para la toma de decisiones de los agentes económicos y así volver más eficiente el proceso productivo.

La información y la investigación son, según Stiglitz (1995), en varios aspectos bienes públicos, pues su utilización por parte de algún agente económico no impide ni reduce la cantidad de uso por parte de otro individuo. Para que se logre la eficiencia en la economía es necesario que se difundan al costo real de transmitirlos, es decir, para los neoclásicos no existen limitantes para que las innovaciones tecnológicas puedan difundirse entre las distintas actividades económicas.

Los autores neoclásicos perciben a la inversión en I+D (investigación y desarrollo) como una actividad que se lleva a cabo por instituciones científicas de forma desvinculada al mecanismo de mercado. La investigación se compone por tres elementos: por una parte la investigación básica, que consiste en trabajos teóricos o empíricos con el fin de acumular conocimientos determinados sin que necesariamente sirvan para alguna aplicación específica; la investigación aplicada, que se diferencia de la anterior precisamente en que es realizada para un uso práctico específico; y el desarrollo tecnológico es aquel que se profundiza sobre conocimientos existentes y que está dirigido a la generación de nuevos métodos o sistemas de producción así como de bienes y servicios, o a la mejora de otros ya existentes (Vence, 1995: 397).

Como ya se había comentado, la innovación tecnológica bajo este enfoque tiene un carácter lineal entre invención, innovación y difusión, iniciando con la investigación básica y terminando con la generación de nuevos procesos o productos. Los neoclásicos explican a la tecnología como un elemento dado, por lo que no es necesario influir en su desarrollo. Las firmas, y por tanto las economías, se adaptan al ritmo del proceso de innovación sin poder controlarlo. Es un factor exógeno que se encuentra incorporado en los insumos productivos sin que se tenga que pagar por él.

1.2 Teoría endógena de la innovación.

Los autores que desarrollan esta línea de estudio no proponen un modelo distinto al mercado para la asignación de los recursos, sin embargo, flexibilizan los principales supuestos de los modelos neoclásicos:

- a) La función de producción representa la base tecnológica de las firmas, sin embargo, los rendimientos de los factores productivos pueden ser constantes o crecientes a escala.
- b) Con diferentes escalas de producción se generan estructuras de mercado de competencia imperfecta, tales como el monopolio, el oligopolio o la competencia monopolística.
- c) Las distintas formas de organización industrial se refuerzan al suponer que las estructuras de información a las que acceden los agentes económicos son asimétricas.
- d) La tecnología es una variable endógena que incrementa la productividad de los factores en la producción. Por tanto, se puede influir sobre el progreso tecnológico a través de los elementos que la determinan.
- e) El progreso tecnológico no es lineal, por lo que no toda invención se convierte en innovación ni toda innovación se difunde necesariamente.
- f) Existe la posibilidad de apropiación de las innovaciones tecnológicas y bajo estas circunstancias, se puede considerar como un bien privado.
- g) El papel del Estado va más allá de las fallas del mercado, pues ahora puede influir directamente sobre la producción, impulsando directamente a los determinantes de la innovación.

1.2.1 Economías de aglomeración y estructuras de mercado.

Los planteamientos teóricos de los modelos de crecimiento endógeno sugieren la existencia de estructuras de mercado de competencia imperfecta que inciden sobre el esfuerzo innovador de las firmas y además, generan economías de aglomeración con externalidades positivas que reducen las posibilidades de convergencia económica.

Los trabajos sobre la innovación tecnológica desde la perspectiva endógena que se sustentan en la organización industrial distinguen entre el

poder de mercado de las firmas y el tamaño de las mismas, dichos elementos no tienen que guardar relación alguna, por ejemplo, una empresa de tamaño relativamente pequeño puede, debido a su capacidad de innovación, producir bajo una estructura monopólica.

Por un lado, firmas con altas cuotas de mercado pueden tener beneficios positivos, una mejor capacidad financiera para innovar y expandir su mercado con nuevos productos, aunque también puede relajar su innovación al no tener competencia. Por otro lado, bajo esta perspectiva, se relaciona un gran tamaño de la empresa con una alta especialización que le permite retornos crecientes de las innovaciones o hacer frente a los costos crecientes de la investigación (Arrow, 1962b: 619-622).

La relación entre el crecimiento económico, la generación de conocimiento y la localización de la producción se ha tratado desde los estudios de Marshall (1890). Para este autor la cercanía entre firmas así como entre las firmas y la demanda de mercado, permite reducir no sólo los costos de transporte sino también los costos de la transferencia de conocimientos que se desarrollan durante el proceso de producción.

Arrow (1962b) sugirió que si las economías son representadas por funciones de producción con rendimientos no decrecientes se pueden obtener mejores resultados en el análisis. También planteó que el progreso técnico se puede identificar a través de las externalidades positivas que genera la concentración de la producción, tales como la experiencia laboral y la reducción de costos por cercanía a los mercados, gestando economías de escala. Estas ideas serían retomadas por Romer (1986) para establecer que las diferentes estructuras productivas entre países y regiones no permitirían la convergencia.

De acuerdo a la literatura sobre las economías de aglomeración y las estructuras de mercado se tienen dos tipos de fuerzas que permiten la concentración de la producción. Según Krugman (1991), por un lado se tienen las fuerzas centrípetas que se representan por los beneficios de la cercanía y por el otro, las fuerzas centrífugas o que desincentivan la concentración. Dentro de las fuerzas que impulsan la aglomeración se encuentran precisamente las externalidades positivas que generan las estructuras no competitivas así como los derrames de conocimiento.

Si se considera que la innovación es la producción de conocimiento, entonces éste puede ser catalogado como un bien de mercado. Si el conocimiento generado es apropiable y se refleja en nuevas formas de producción puede generar monopolios en ciertas industrias, lo que aumenta el incentivo a innovar y a concentrar aún más las actividades económicas.

Una diferenciación importante que se plantea en los modelos de crecimiento endógeno tiene que ver con el tipo de externalidad. Para Gleaser *et al.* (1991) hay dos tipos de externalidades, las estáticas, que son ventajas fundadas por la simple reducción en los costos de transporte debido a la cercanía, y las dinámicas, que se basan en la estructura de mercado.

Con respecto a las externalidades dinámicas se pueden encontrar de tres tipos:

- 1) Las conocidas como MAR (Marshall-Arrow-Romer), en donde la especialización y la concentración de mercados monopólicos genera mayor crecimiento económico basado en la innovación.
- 2) Las externalidades que plantea Porter (1990) se caracterizan por la especialización productiva pero bajo modelos de competencia.
- 3) Las externalidades tipo Jacobs, donde la diversificación económica y la competencia son las que generan mayores ventajas para el derrame de conocimientos e incrementar la producción.

1.2.2 Capital físico, capital humano y capital público.

Otra de las formas en que los modelos endógenos plantean el crecimiento por innovación tecnológica es diferenciando entre el capital físico, humano y público. Es así que Lucas (1988) realizó un trabajo de contraste para identificar el rol que tiene el capital humano, medido por la experiencia laboral y la escolaridad, sobre el crecimiento de la producción. El autor primero sugirió un modelo donde la variable relevante es el capital físico, luego introduce la variable de capital humano y determinó que esta última es relevante para explicar los procesos de convergencia y/o divergencia entre países y regiones. Él concluyó que cuando las condiciones iniciales de la calidad de los factores productivos son iguales entre las economías habrá convergencia. Además, el

autor resaltó la importancia de que las economías sean abiertas para acelerar la difusión de nuevas tecnologías.

El concepto del capital humano surge por la necesidad de explicar cómo se puede mejorar la capacidad productiva de la fuerza laboral a través de la inversión directa sobre las personas en términos de su educación, salud física y alimentación. A su vez dichas variables influirían sobre el incremento en el ingreso per cápita al aumentar la productividad del trabajo.

Bajo esta línea se hallan los trabajos seminales de Romer (1986 y 1989). En el primero de ellos el autor estableció que el conocimiento es un insumo con rendimientos crecientes a escala y si se consideran los rendimientos decrecientes del capital físico, entonces es posible incidir directamente sobre el crecimiento. De esta forma se explica la divergencia económica, pero también la sostenibilidad del crecimiento en el largo plazo. El autor diferenció entre el conocimiento tangible, como el generado por la ciencia, y el intangible que tiene que ver con la educación y la experiencia de la fuerza de trabajo. En el segundo estudio Romer determinó que si bien la educación no impacta directamente sobre la producción, existe una relación positiva entre esta variable y la inversión productiva, la cual sí influye en el crecimiento.

En los modelos de crecimiento propuestos por Lucas (1988) y Romer (1989) se observa que cuando el capital humano explica el crecimiento, éste tiene dos efectos positivos: el interno, que provoca el aumento de la productividad, y el externo, basado en los beneficios sociales por la mejora en el nivel de educación así como por la difusión del conocimiento entre las personas. Uzawa (1965) ya antes había sugerido las externalidades del capital humano al considerarlo como un bien de acumulación al igual que el capital.

Los neoclásicos planteaban que el incremento poblacional también generaba crecimiento económico, pero entonces no se explicaban las causas del bajo crecimiento en economías poco desarrolladas y con altos niveles de población. Esa idea refuerza los modelos endógenos que proponen como origen fundamental de esta diferencia al capital humano. Romer (1990) presentó una economía con una estructura de mercado de competencia monopolística y con un sector productivo que se sustentó de nuevo en esta hipótesis.

Al respecto, los modelos endógenos permiten relacionar los incrementos en la productividad del capital físico con la acumulación del capital humano. Dentro de la literatura se observa que existe una clara diferenciación entre la generación de capital humano de manera voluntaria o *schooling*, que corresponde al conocimiento escolarizado, y la acumulación de capital humano que surge de manera involuntaria, conocido como *learning by doing*, donde la adquisición de conocimientos es resultado de las actividades productivas.

Arrow (1962) también utilizó la variable de capital humano para verificar las causas del crecimiento diferenciado entre países y regiones. De esta forma explicó cómo economías menos desarrolladas con abundancia de mano de obra no crecen al mismo ritmo que las más avanzadas como lo había predicho Solow (1956). Al igual que Lucas (1988) el autor establece que una inmersión a los mercados mundiales genera mayor dinamismo económico.

Mankiw *et al.* (1992) aplicaron el modelo teórico de Solow (1956) y encontraron evidencia de que el crecimiento de la población, el nivel de ahorro y el capital físico y humano tienen rendimientos decrecientes, por lo que es posible la convergencia del PIB (producto interno bruto) per cápita entre las economías cuando las tasas de crecimiento de la población y el ahorro se mantienen constantes.

En el avance teórico surge la necesidad de comprender cómo es que influye sobre la productividad de los factores la inversión que lleva a cabo el gobierno para satisfacer las necesidades sociales de aquel tipo de bienes que por naturaleza o regulación no son producidos de manera privada en el mercado, tal es el caso de las carreteras, las vialidades o el abastecimiento de servicios primarios. Dichos bienes y servicios mejoran las condiciones en que se reproduce el capital físico y humano.

Es así que Barro (1990) planteó un modelo de una economía con retornos crecientes y donde el gobierno es el agente que permite la acumulación de capital público financiado a través de impuestos. El autor también determinó cómo el gobierno puede encontrar un punto de eficiencia al intervenir en la economía. Lo anterior se argumenta al plantear que las decisiones de ahorro, que a su vez es una de las determinantes de la inversión, no se ven impactadas por el cobro de impuestos, pues existen beneficios por su pago al gobierno.

Barro (1991) continuó el análisis del capital público como fuente de crecimiento endógeno y llevó a cabo un estudio para un gran conjunto de países, desarrollados y en desarrollo, tomando en cuenta el gasto de gobierno en servicios públicos para cuantificar el rol de la infraestructura y la educación sobre el crecimiento. El autor sugirió que bajo una función de rendimientos constantes a escala y diferenciando entre capital físico y humano, no es posible la convergencia económica entre países y regiones.

Es entonces relevante que, bajo la presente perspectiva teórica, la diferenciación entre el capital físico, el capital humano y el capital público es necesaria para que, una vez tomados en cuenta los supuestos sobre la estructura de mercado y el tipo de rendimientos de los factores, se pueda comprender el carácter endógeno que tiene el proceso de transformación tecnológica sobre el crecimiento.

1.2.3 Inversión en I+D y nuevos mercados.

Un elemento que la teoría endógena del crecimiento considera relevante para explicar el proceso de cambio tecnológico es el de la inversión en I+D. La empresa es el principal agente que destina recursos a la investigación y el desarrollo en busca de mejorar sus procesos o la creación de nuevos productos que le permitan incrementar sus beneficios. Sin embargo, también la inversión que destinan los gobiernos a las universidades y centros de investigación enfocada a la generación de nuevos conocimientos es importante en este aspecto.

En el trabajo de Romer (1990) la inversión en I+D permite distinguir entre el componente tecnológico y el competitivo del conocimiento. La tecnología debe considerarse como un bien público, que el consumo por parte de una firma no excluya ni disminuya la posibilidad de uso por parte de otra. De la misma forma el conocimiento generado por la I+D se utiliza de dos formas: por un lado, durante el proceso de producción y, por el otro, el nuevo conocimiento se acumula e incrementa la productividad de los factores.

Es importante también resaltar que bajo esta perspectiva de estudio se considera que los costos de inversión en I+D tenderán hacia la baja a medida que aumente el número de bienes inventados. Arrow (1962b) y Romer (1990 y

1994) consideraron que la reducción de costos en investigación y desarrollo permite el incremento de los salarios, lo que implica que el trabajo y la innovación tecnológica son insumos productivos sustitutos.

Los estudios como el de Romer (1994) y Grossman y Helpman (1994) analizaron la influencia de la I+D sobre la dinámica económica. En particular, Grossman y Helpman (1994) mencionaron que la explicación para comprender el hecho de que las tasas de crecimiento del producto crecieran más rápido que las del crecimiento de la población y las disparidades entre países y regiones continúen, se halla en tres aspectos fundamentales: los *spillovers* de conocimiento, como ya lo planteaban Arrow (1962b) y Romer (1990), la inversión en I+D y el grado de liberalización de los mercados, que también ya había sugerido Lucas (1988).

De la misma forma Grossman y Helpman (1994) encontraron que si el capital humano se considera como una variable que se halla en función de la decisión de los individuos de estudiar o trabajar, entonces a mayor capital humano los individuos ofrecerán trabajo solo con un salario mayor, lo que implica un incentivo a educarse, es decir, aumenta la inversión privada para acumular conocimientos que a la larga se convertirán en trabajadores disponibles en el sector de I+D.

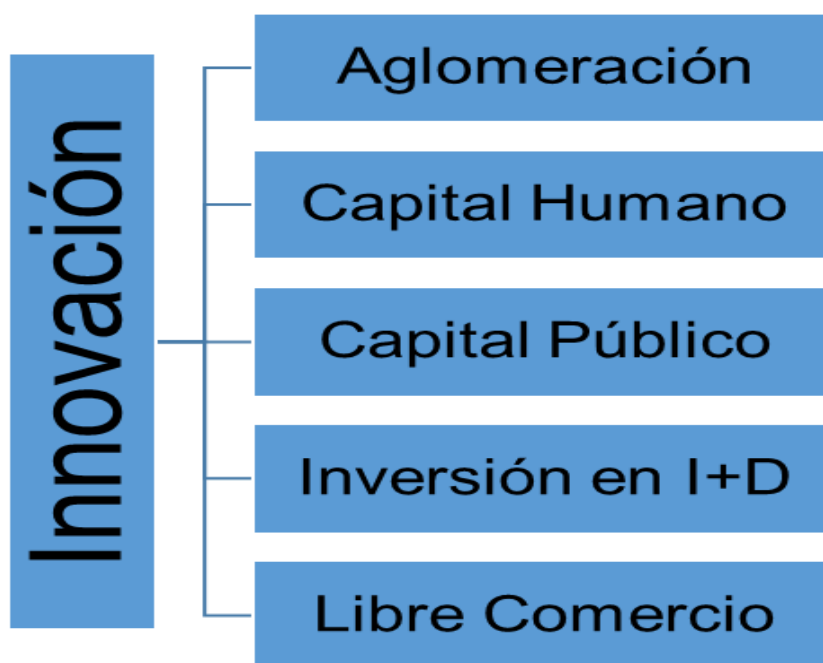
Más recientemente se ha introducido al análisis del crecimiento endógeno el papel que juega el grado de liberalización económica sobre el crecimiento. Esto debido a las posibilidades que representa para incrementar la difusión y expansión de las externalidades que tiene la innovación tecnológica. En trabajos como el de Lucas (1988) y Grossman y Helpman (1994) se consideró relevante el comercio y el flujo de los factores entre economías, ya que en el largo plazo ello puede resultar en una reducción en la brecha tecnológica que existe entre países y regiones.

En general, la diferencia fundamental entre los modelos de crecimiento neoclásicos y los endógenos se halla en el carácter que tiene el cambio tecnológico en la formalización de los modelos y las variables que influyen en ellos. Por otra parte, bajo la perspectiva neoclásica las políticas gubernamentales no juegan ningún papel en el crecimiento económico de largo plazo, en dado caso sus efectos son temporales, mientras que para la perspectiva endógena el gobierno puede intervenir para estimular el

crecimiento impulsando los factores que generan el cambio tecnológico. En la Figura 2 se presenta un diagrama que refleja los determinantes endógenos de la innovación.

En los modelos neoclásicos se supone que la productividad marginal del capital es decreciente, por lo que, en ausencia de cambio tecnológico y aumento de la población, el crecimiento no es sostenible en el tiempo. Por el contrario, en los modelos endógenos el supuesto clave es que los retornos del capital y la innovación son crecientes a escala por lo que el crecimiento puede ser ilimitado.

Figura 2. Enfoque endógeno de la innovación.



Fuente: Elaboración propia en base a revisión de literatura.

La teoría neoclásica considera que entre países y regiones económicas se dará una tendencia hacia la convergencia de las tasas de crecimiento del PIB per cápita, mientras que para la perspectiva del crecimiento endógeno se evidencia la heterogeneidad entre las mismas. Estas diferencias permiten sustentar que los modelos endógenos reflejan mejor el problema y los objetivos de la presente investigación.

1.3 Teoría evolucionista de la innovación.

Otra perspectiva teórica que se distancia de la perspectiva neoclásica es la evolucionista, sustentada en los principales postulados de Schumpeter, aunque también de los institucionalistas como Veblen (Freeman 1994: 79). En general los supuestos básicos de la teoría evolucionista de la innovación son:

- a) Fundamentos microeconómicos basados en la racionalidad limitada de los agentes económicos.
- b) Enfatizan en el cambio como parte de la naturalidad económica.
- c) La innovación tecnológica genera estructuras de mercado no competitivas y por lo tanto las relaciones económicas se dan fuera del equilibrio.
- d) El cambio tecnológico es una variable endógena y propia del sistema económico capitalista.
- e) Diferencian entre el avance científico, la invención técnica y la innovación tecnológica.
- f) La firma y el empresario constituyen los agentes centrales del cambio tecnológico. En la empresa se realizan nuevos procesos y productos, por otro lado, el empresario es quien dirige dicha realización.
- g) El papel del Estado es fundamental, ya que para lo evolucionistas es el marco institucional el que permite la generación de innovaciones a través de las firmas.

1.3.1 Las bases schumpeterianas.

A diferencia de la explicación de la dinámica económica desde una perspectiva de equilibrio, las ideas evolucionistas enfatizan en el cambio como parte de la naturalidad económica. Schumpeter (1939) marcó su diferencia con los economistas ortodoxos bajo el elemento del cambio tecnológico y causó debate al evidenciar a este fenómeno como una de las fuentes del contraste económico entre países, pues aseveraba que no sólo las transformaciones que sufre la combinación de los factores productivos dentro del proceso de producción son los causantes de mayor o menor crecimiento económico, sino

que toda mejora en los métodos y productos vienen a representar cambios en la estructura económica de un país.

Para este autor, contrario a lo establecido por las teorías de la época, el cambio tecnológico es una variable endógena y propia del sistema económico, pues se genera por la búsqueda misma de los agentes económicos de mejoras en su bienestar. Al introducir el concepto de “destrucción creativa”, Schumpeter (1939) sustentó que la innovación actúa como una fuerza que impide el equilibrio de la economía pues ésta siempre se encontrará bajo una dinámica cíclica, con ascensos y descensos en los niveles de producción, según sea el impacto del cambio tecnológico sobre el proceso productivo.

La innovación tecnológica se considera interna a la lógica del mercado debido a que permite que en el corto plazo se obtengan beneficios extraordinarios por parte del agente innovador. Lo anterior es coincidente con las teorías del crecimiento endógeno, aunque, como bien resaltaron Hansan y Cicekci (2007), los evolucionistas se distinguen por diferenciar entre el avance científico, la invención técnica y la innovación tecnológica en sí misma.

En el proceso de destrucción creadora, que transforma la estructura de las economías desde su raíz, la firma y el empresario constituyen los agentes esenciales. Por una parte la empresa lleva a cabo la realización de nuevos procesos y productos, por otro lado, el empresario es quien dirige dicha realización.

De manera formal Schumpeter (1939) propuso que la innovación tecnológica, como mutación económica interna que surge de los intereses de los agentes económicos por incrementar su bienestar, se materializa por:

- La introducción de nuevos bienes o la mejora en la calidad de productos y servicios ya existentes.
- La aparición de nuevos métodos de producción, que no hayan sido probados por la experiencia de producción. Además, no necesariamente se basa en el descubrimiento científico.
- La apertura de un nuevo mercado, donde no haya entrado el sector del país de que se trate, aunque ya existiera dicho mercado.
- Las nuevas fuentes de proveeduría de materias primas o productos incorporados, haya o no existido anteriormente.

- La gestación de una nueva organización industrial, como las estructuras monopólicas o la desaparición de un monopolio que antes existía.

Es así que la competencia económica que surge por la innovación, se encuentra determinada por la capacidad que posean las empresas para generar de forma sistemática nuevos productos y servicios que aseguren la obtención de beneficios. Son entonces las estructuras imperfectas la base del desarrollo económico. Este proceso impide la visualización de la economía como estática y en equilibrio ya que la dinámica heterogénea será observada aunque sea por una sola tasa distinta de cambio tecnológico entre industrias.

1.3.2 El proceso evolutivo de la innovación tecnológica.

Bajo la corriente evolucionista de la innovación se considera que la generación de nuevos procesos y productos se sustenta en el proceso de invención, aunque no necesariamente todas las invenciones se convierten en innovaciones, es decir, no todas impactan la dinámica económica en un contexto de valorización.

De acuerdo a Dosi *et al.* (1994) primero existe un comportamiento arriesgado de los empresarios para innovar y obtener, por un tiempo determinado, una renta monopólica. Después de ello las empresas desarrollan sus actividades en innovación de manera especializada, convirtiéndolas en un factor endógeno influido por su inversión en I+D, pudiendo surgir una mayor concentración del mercado que cambia la estructura de la industria.

Los autores evolucionistas como Nelson y Rosenberg (1993), Cimoli y Dosi (1994) y Vence (1995) tienen en común el concebir al progreso tecnológico como un proceso evolutivo, sistemático, acumulativo y dinámico que para comprenderlo es necesario entender las relaciones existentes entre las innovaciones y la economía. A pesar de ello las aportaciones teóricas tienen diferentes aproximaciones. Por ejemplo, para Nelson y Nelson (2002) el crecimiento económico experimentado en casi todos los países desde la industrialización es fuente del imparable desarrollo de nuevas tecnologías. Por otro lado, Dosi *et al.* (1994) mencionaron que los distintos modelos propuestos

por la teoría evolutiva se han basado en la generación de conocimientos dejando para después los asuntos de la distribución eficiente de los recursos.

Cuando las innovaciones se difunden cambian su estructura inicial para competir con otras tecnologías, transforman la estructura de la industria y de las instituciones para sustentarla e influyen en el comportamiento de los agentes económicos que se sienten incentivados a volver a innovar para permanecer en los mercados, generando así el cambio tecnológico que combina y acumula los viejos y nuevos conocimientos.

La perspectiva evolucionista considera que todo aquel conocimiento que pueda resolver problemas ligados a la actividad económica resulta en una innovación tecnológica, la cual puede estar “incorporada” en el capital fijo o “desincorporada” bajo formas de organización administrativa y del trabajo o del diseño de nuevos productos.

Si las nuevas tecnologías se emplean en la producción se les denomina “innovación de proceso”, si se reflejan en cambios en las características o diseño del producto se les llama “innovación de producto”. Para Rosenberg (1982) también se pueden distinguir entre las innovaciones “radicales” que son aquellas que originan nuevos productos o procesos y las “incrementales” que mejoran productos o procesos ya conocidos.

Las diferenciaciones entre los tipos de innovación son importantes debido a que tienen un carácter específico referido a los agentes que la generaron y los propósitos para lo cual la hicieron. La tecnología además tiene componentes que pueden ser apropiados ya sea por mecanismos de mercado o de regulación institucional, aunque de igual manera existen otros componentes de tipo tácito que impiden su desprendimiento de los agentes productores de la misma.

Se tiene que entender además que la tecnología es compleja, debido a la diversidad de conocimientos que la fundamentan. Otros dos rasgos relevantes de la innovación que se distinguen en la literatura son: su carácter acumulativo, es decir, su desarrollo depende de las condiciones actuales del conocimiento, y los elementos diferenciales para su difusión, que implican aspectos como el tipo de inversión en I+D que se aplicó para su generación o la misma capacidad de aprendizaje de otras firmas e industrias.

De acuerdo a Aboites (1999) la especificidad de las innovaciones tecnológicas no pueden ser transferidas mecánicamente, pues existe heterogeneidad productiva entre las empresas, esto es, sólo se pueden transferir algunos elementos de la tecnología, por lo que el esparcimiento y los derrames de conocimiento existen, mas no son perfectos. Además, Cimoli y Dosi (1994) afirman que el proceso innovador determina el grado y forma en que se apropian los beneficios de las nuevas tecnologías, por ejemplo, aunque el conocimiento por experiencia no se transfiere con facilidad, la movilidad laboral implica una interacción *face-to-face* que representa una fuente de difusión de las tecnologías tácitas.

Así pues, la dinámica económica se encuentra en función directa del proceso iterativo de la innovación. Pueden surgir entonces transformaciones tecnológicas basadas en la rutina productiva. Por un lado, el aprendizaje que se obtiene por la práctica se denomina *learning by doing* y que es bien descrita por los modelos endógenos de Arrow (1962). El aprendizaje por el uso se denomina *learning by using* y se obtiene después de su éxito en el mercado a través de la información que transmiten los consumidores. El aprendizaje por error o *learning by failing* es gestado después de resultados negativos al introducirlo en el mercado.

1.3.3 Paradigmas y trayectorias tecnológicas.

Un elemento clave de la perspectiva evolutiva de la innovación y el crecimiento económico se encuentra en los paradigmas y trayectorias tecnológicas, así como su relación con el contexto económico e institucional, tomando en cuenta las redes y sistemas que existen en torno a la investigación y el desarrollo tecnológicos.

De acuerdo a las condiciones de producción, acumulación, apropiabilidad y difusión las innovaciones se pueden encontrar establecidas por la naturaleza de un determinado paradigma tecnológico que marca la pauta limitativa de las dimensiones y tendencias del progreso tecnológico o lo que se conoce como “trayectoria tecnológica” (Dosi *et al.*, 1994: 104).

En Pérez (2003) se describe al paradigma tecnológico como aquel que expresa las condiciones y principios científicos necesarios para la generación

de nuevas innovaciones. Dentro de un paradigma se considera que son ciertas tecnologías las que predominan una industria o sector como resultado de la imitación o difusión tecnológica y que el avance tecnológico es el resultado de la tendencia o trayectoria que siguen la combinación de insumos en el proceso productivo.

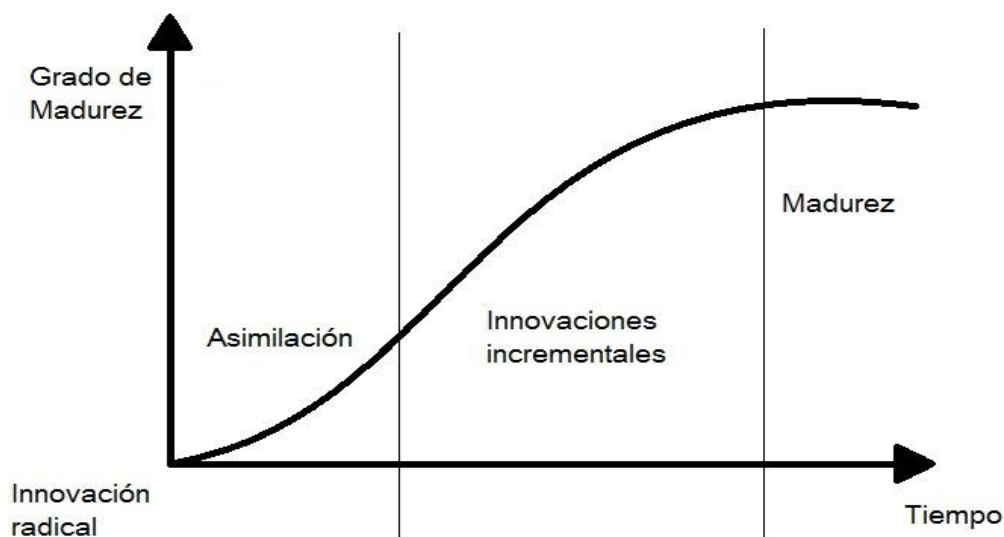
La trayectoria tecnológica es, en sí misma, el progreso tecnológico en torno a las relaciones de intercambio económico y de conocimiento, definidas por un paradigma en específico. La trayectoria se encuentra relacionada con la actividad innovadora de las empresas, la cual presenta de forma sistémica la sucesión entre invención-innovación de procesos, productos, técnicas organizativas y estructuras industriales. De la misma forma, la senda de progreso tecnológico se encuentra interrelacionada por los avances e innovaciones tecnológicas inmediatamente anteriores.

En Cimoli y Dosi (1994) se describen cuatro tipos de trayectorias tecnológicas. La primera por los vínculos hacia atrás, es decir, las que se generan por la capacidad de integración con los proveedores. La segunda tiene que ver con las economías a escala, esto es, el proceso innovador permite la reducción de costos gracias al aumento de la producción. El tercer tipo es de proveeduría especializada, por lo que la tecnología de los insumos determina el proceso de producción de bienes y servicios finales. Al final se hallan las trayectorias fundamentadas en la I+D donde la innovación es el elemento clave del mercado.

En las trayectorias tecnológicas, al estar relacionadas con patrones de innovaciones anteriores y futuras, se dice que el proceso de innovación es continuo. De ahí que Pérez (2003) propusiera un esquema de nacimiento, desarrollo y agotamiento de las nuevas tecnologías. Para empezar, un nuevo producto o proceso radical se encuentra bajo experimentación tanto en su propia producción como en el mercado y entre sus usuarios. En adelante se produce una especie de despegue hacia fases de mejoramientos o innovaciones incrementales que aceleran la calidad, eficiencia y efectividad de costos, hasta que el proceso llega a un punto de madurez. Esta última fase se distingue por la pérdida del dinamismo y rentabilidad de la innovación. El ciclo puede durar meses, años, o décadas así como involucrar a una empresa, a todo un sector o a toda la actividad económica, como muestra la Figura 3.

Cuando una innovación tecnológica se acerca a su punto de madurez, según Pérez (2003), por lo general se produce un proceso de concentración, absorción y/o exclusión, que deja sin actividad a unos cuantos agentes económicos, por lo que en esta fase también se suele ir reemplazando a la innovación por nuevos productos o procesos productivos. Sin embargo, existen momentos de continuidad o discontinuidad en la evolución de las innovaciones tecnológicas. La asimilación de una nueva trayectoria, así como de nuevos paradigmas, depende del acoplamiento entre los actores que intervienen en la generación del nuevo conocimiento productivo. De aquí la importancia de los sistemas de innovación.

Figura 3. Enfoque evolutivo de la innovación.



Fuente: elaboración propia con base en Pérez (2003).

1.3.4 Los sistemas de innovación tecnológica.

Cooke y Gómez (1998) definieron al sistema de innovación como el conjunto de organizaciones institucionales y empresariales que, dentro de un determinado ámbito geográfico, interactúan entre sí con la finalidad de asignar recursos a la realización de actividades orientadas a la generación y difusión de conocimientos sobre los que se soportan innovaciones que están en la base del crecimiento y el desarrollo económico.

La teoría evolucionista considera que el éxito de la innovación tecnológica se encuentra determinado por el ambiente y contexto institucional del territorio en donde se desempeñen los agentes productivos. De lo anterior las coincidencias con la corriente institucionalista del pensamiento económico. En esta idea se encuentra un importante elemento de relación con la perspectiva endógena del crecimiento en lo que refiere a las decisiones de localización de las empresas. De acuerdo a Romer (1994) y a Arrow (1962b) esto ocurrirá donde la geografía económica sea la más adecuada para la maximización de los beneficios, es decir, en las economías de aglomeración.

Un punto interesante que ofrece la perspectiva neoschumpeteriana es que el estudio de los sistemas de innovación pueden explicar en buena medida las distintas formas en que actualmente se genera la especialización, concentración y localización espacial de las actividades económicas así como su desarrollo a lo largo del tiempo.

Las redes de innovación que tienen el carácter de sistémico han formado parte de la literatura durante apenas las últimas tres décadas. Autores como Buesa *et al.* (2002), Cooke y Gómez (1998), Coronado y Acosta (1999) y Heijs (2001), llevaron a cabo estudios sobre los sistemas de innovación tanto a nivel nacional como regional para el caso de España y resaltaron el debate que aún existe en torno a la consolidación de este nuevo enfoque teórico del análisis, sobre todo para los estudios regionales.

Los sistemas de innovación se han estudiado sobre todo a nivel nacional, pero más recientemente es que se habla del sistema regional de innovación. Así, en Capello (1999) se cimentaron conceptos tales como el de redes de innovación, interrelaciones innovadoras entre agentes y lazos formales e informales entre firmas, para comprender a nivel regional los mecanismos de aprendizaje y transmisión del conocimiento en un ambiente innovador. Es este ambiente, entonces, el que sustenta la estructura de una región económica.

Los sistemas de innovación se encuentran caracterizados por elementos estructurales que existen al interior de las firmas y por los factores que resultan relevantes para la teoría evolucionista, tales como: a) el aprendizaje, b) la acumulación de conocimientos, c) las tendencias tecnológicas, d) la

inexistencia de convergencia ni linealidad y e) la importancia de las instituciones.

En general, la teoría evolucionista de la innovación se encuentra altamente diferenciada con los modelos neoclásicos y más en sintonía con la perspectiva endógena del crecimiento. La principal diferencia entre la literatura neoschumpeteriana y los modelos endógenos radica en que los primeros resaltan el carácter sistémico del cambio tecnológico mientras que los segundos simplemente distinguen entre las bases tecnológicas que tienen las economías y cómo es que se puede influir positivamente en su progreso.

1.4 Patentes como “*proxy*” de la innovación tecnológica.

Dentro de la revisión de literatura teórica se encuentran cuatro elementos relevantes que involucran el proceso de innovación tecnológica. El primero con respecto a su producción, el segundo que involucra su asimilación, el tercero que tiene que ver con su apropiabilidad y el cuarto que se avoca al desarrollo de su difusión (Aboites, 1999: 99-101).

En cuanto a la producción y asimilación de las innovaciones se distingue entre las distintas formas en que los agentes económicos destinan recursos para la generación de nuevos conocimientos que se reflejen en nuevos o mejores procesos o productos así como en la capacidad que tienen los creadores para introducirlas en el mercado. De lo anterior se desprende que no toda invención se convierte en innovación y por tanto no toda tecnología es apropiable. La propagación de los nuevos conocimientos quedará restringida por el tipo de innovación que sea, así como por su carácter público o privado.

Es entonces que resulta relevante cómo en los estudios se miden las actividades de innovación, para identificar cada uno de sus elementos y su impacto sobre la dinámica económica. De lo anterior surge la necesidad de describir la capacidad que tienen las series de patentes para aproximarse a las actividades de innovación de una economía.

Primero que nada, las patentes forman parte de todo un sistema de protección a la propiedad intelectual. Este sistema cuenta con la característica de proteger todo tipo de creación desarrollada por los agentes económicos que

puede ser valorizada en el mercado bajo un marco institucional de derecho que otorgan los gobiernos.

Por lo tanto, como ya lo consideraron Arrow (1962), Lucas (1988), Nelson y Rosenberg (1993), Cimoli y Dosi (1994), Dosi *et al.* (1994), Aboites (1999) y Pérez (2003), una patente genera un monopolio temporal de conocimiento así como barreras a la competencia para todo aquel agente que pretenda imitar sus innovaciones. La patente se otorga por la creación de un nuevo producto, proceso, sustancia o diseño, que cumpla con las características de ser útil, novedoso y de no obviedad. El título de patente que haya sido sometido a revisión de sus características, se otorga durante el tiempo que la legislación de cada país convenga. De acuerdo a Griliches (1991) una patente se debe distinguir además por la capacidad que posea para excluir a cualquiera de su producción o uso.

Dado que una patente ampara de forma legal la generación de nuevos productos o procesos, permite que el agente que la posee pueda gestar nuevos conocimientos o tecnologías basadas en su desarrollo previo. Por lo que genera una dinámica de acumulación de conocimientos e innovación para las firmas o particulares que la crearon. En la mayoría de los estudios empíricos, que se presentan en el segundo capítulo, se ha tomado la información sobre patentes para medir la capacidad de innovación y de flujos de conocimiento que existen en una economía.

Por otro lado, Griliches (1998) llevó a cabo una revisión de estudios que utilizan patentes como indicador de la innovación y el cambio tecnológico, encontrando una fuerte relación entre las patentes y el gasto en I+D, que a su vez es un indicador financiero de la actividad innovadora. También halló que aunque la propensión entre patentes e inversión en I+D difiere entre sectores de actividad, la relación es casi proporcional. Resaltando los efectos dinámicos del patentamiento a nivel intraindustrial, consideró que ambas variables resultan eficientes para análisis de corto y largo plazo.

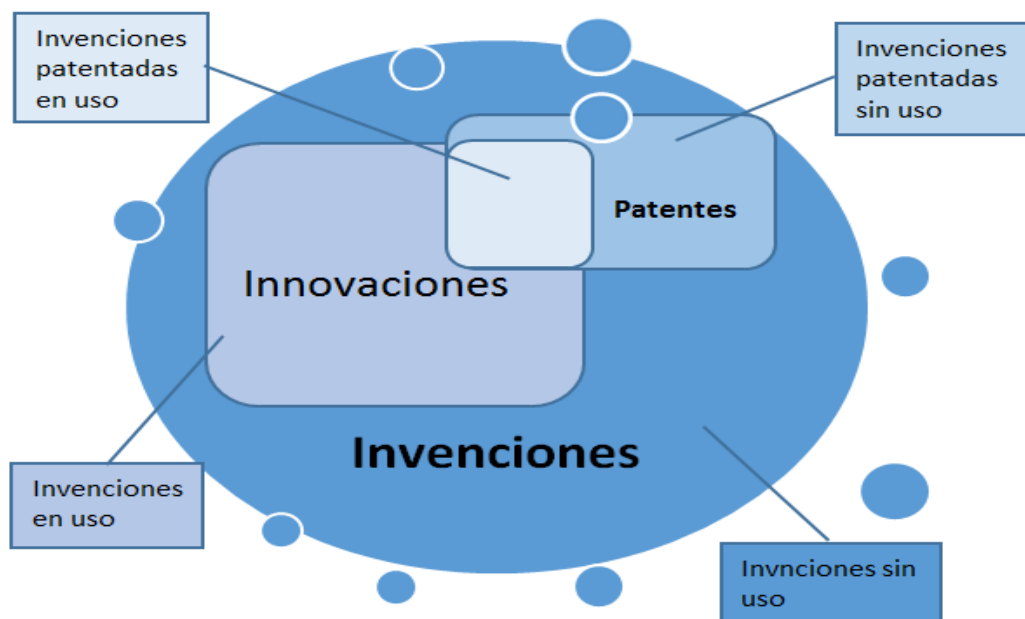
Rosenberg (1982) afirmó que las patentes son buen indicador de la actividad innovadora, que a su vez también puede ser medido por la inversión en I+D. De la misma forma, en Dosi *et al.* (1994) se encontró que el registro de patentes es un buen índice de la innovación tecnológica de una determinada industria o país. Por su parte Nelson y Nelson (2002) aseveran que aunque las

patentes no miden directamente la innovación, éstas sí constituyen un buen indicador del desempeño tecnológico.

Cuando se consideran las estrategias tecnológicas de las firmas, según Aboites (1999) las patentes permiten visualizar la actividad innovadora de las empresas pues explicitan su dirección y naturaleza. Dentro de la revisión también se tiene en cuenta que no toda innovación es apropiada o patentada, por lo que existen limitantes claras al utilizar el registro de patentes como variable de estudio, sin embargo, se considera una buena *proxy* al poner en evidencia los modelos abstractos.

Además, se tiene que considerar que existe escasez de información para capturar la innovación tecnológica, de hecho Griliches (1998) también resaltó como benéfico el uso de series de patentes debido a la abundancia de información sobre las mismas. En la Figura 4 se representa el papel de las patentes dentro del proceso de invención-innovación-patentamiento.

Figura 4. Patentes como indicadores de la innovación.



Fuente: elaboración propia con base en Pérez (2003).

Una desventaja del uso de patentes es que éste puede resultar incompleto como medida de innovación, ya que existen otras formas de apropiabilidad como los títulos de secreto industrial que ayudan a diferenciar entre el conocimiento tácito y el de investigación. Sin embargo, entre las

ventajas se encuentran la capacidad que tienen para reflejar la invención de los agentes económicos y el constituir un título de propiedad intelectual relevante. Además, la temporalidad de su medición estadística es por lo general consistente para llevar a cabo estudios de largo plazo así como comparaciones internacionales.

Para el caso de México, en trabajos como el de Germán-Soto y Gutiérrez (2012) se recalcó la relación que existe entre los cambios estructurales de las series de patentes con los cambios en la política económica y de propiedad intelectual e innovación en el país, por lo que para esta investigación resulta conveniente su uso como *proxy* de la innovación tecnológica.

1.5 Comentarios finales.

En los enfoques teóricos tratados en este capítulo (el neoclásico, el endógeno y el evolutivo) se encuentran diferencias en sus planteamientos sobre la naturaleza, importancia e impacto que tiene la innovación tecnológica sobre la actividad económica y como factor de crecimiento.

La primera perspectiva analizada tiene un carácter estático donde el progreso tecnológico se considera como un proceso lineal y exógeno a la dinámica de producción. La tecnología se considera como parte de la información que fluye libremente entre los agentes económicos y que permite una mejora en la calidad y cantidad de los factores productivos, o en otras palabras una reducción de los costos de producción. La firma, que se representa por la función de producción, no puede exceder su base tecnológica pues se encuentra predeterminada. De la misma forma, no puede cambiar las propiedades de los bienes o servicios que produce, es decir, los coeficientes técnicos, derivados de su función de producción, determinan el nivel de precios y la cantidad ofrecida en el mercado.

Desde el enfoque endógeno se flexibilizan algunos de los supuestos neoclásicos que permiten dar un cambio al análisis de la innovación. Aunque la empresa sigue representándose por funciones de producción, las externalidades positivas gestadas a partir de escalas de rendimiento crecientes y estructuras de mercado no competitivas describen al factor tecnológico como

un elemento endógeno a la actividad productiva, que no se define sólo por la información sino que existen otros elementos capaces de incidir directamente sobre la calidad de los recursos productivos. Es así que las economías de aglomeración, los derrames de conocimiento, el capital humano, la infraestructura pública, la inversión en I+D y la apertura comercial resultan relevantes para el estudio del cambio tecnológico y su influencia sobre el crecimiento económico.

La teoría evolutiva cuenta con planteamientos de naturaleza dinámica, donde la estructuración económica, política y social, pasa a ser el elemento clave del análisis del progreso tecnológico. La introducción de nuevos procesos, nuevos productos y las transformaciones en la organización del trabajo, empresas e industrias son endógenas al sistema económico. Se fundamenta en la acumulación de conocimiento tácito y científico generado principalmente por el agente emprendedor. Se rompe con la creencia de que existe equilibrio económico y aboga por un entorno institucional eficiente que incida sobre los paradigmas tecnológicos y los sistemas de innovación.

De acuerdo a los objetivos e hipótesis planteadas y en base a los desarrollos empíricos recientes, este trabajo se sustenta en una perspectiva ecléctica entre los determinantes endógenos de la innovación y los elementos geográficos y regionales que se van abriendo paso desde el enfoque evolutivo. Además, se abordó la validez para utilizar el registro de patentes como indicador de la actividad innovadora, tomando en cuenta su consistencia estadística, su comparabilidad entre países así como las limitantes que existen para adquirir información con respecto a la innovación tecnológica.

Capítulo 2. Antecedentes empíricos de los determinantes de la innovación tecnológica.

Introducción.

El presente capítulo tiene por objetivo realizar una revisión del trabajo empírico realizado en el campo de la innovación tecnológica regional, tanto a nivel internacional como para el caso de México. Se pretende describir los avances más relevantes al respecto, así como llevar a cabo contrastes entre los distintos estudios para resaltar las aportaciones de esta investigación.

En apartados anteriores se mostraron las corrientes del pensamiento económico que, contemporáneamente, han tratado de establecer la influencia del proceso de innovación tecnológica sobre la economía. En el trabajo empírico, la tendencia reciente es hacia el estudio directo de las causas que impulsan la generación de nuevos conocimientos bajo un eclecticismo entre los modelos de crecimiento endógeno y las teorías evolucionistas de la innovación.

Por un lado se encuentra que se siguen realizando aportaciones a los modelos teóricos de la innovación, por otra parte resulta relevante el uso de las patentes como principal unidad de medida para la innovación tecnológica. En cuanto a las técnicas metodológicas utilizadas predominan las herramientas econométricas, resaltando las de la econometría espacial y de panel de datos.

Los modelos empíricos revisados se distinguen en dos tipos, de acuerdo a la forma en que integran a la innovación. En primer lugar, como variable dependiente, a través de las funciones de producción del conocimiento, analizando los distintos insumos o factores que la pueden determinar. Otros trabajos continúan estudiando cómo la innovación puede explicar la dinámica de crecimiento.

A continuación se presentan las diversas perspectivas de estudio, las metodologías utilizadas, el papel de las patentes en el quehacer empírico, así como los principales resultados encontrados. El apartado se divide en cuatro secciones, la primera describe las contribuciones recientes más relevantes, la segunda refleja la evidencia existente en estudios a nivel internacional. En la

tercera parte se discuten los trabajos sobre innovación tecnológica en México y en la última sección se ofrece un espacio para comentarios finales del capítulo.

2.1 Modelos recientes.

Griliches (1998) revisó diversos estudios que han utilizado las patentes como indicador de la innovación y encontró fuerte evidencia de la relación entre las series de patentes y el gasto en I+D, esta última como parte de la actividad innovadora. En su trabajo destacó que la propensión a investigar por parte de las firmas difiere entre los sectores de actividad económica y que en economías avanzadas las firmas pequeñas cuentan con mayor relación entre el patentamiento y la I+D. De la misma forma el autor resaltó que el efecto de la I+D parece ser dinámico, indicando finalmente que hace falta mayor trabajo empírico sobre innovación en términos espaciales y su relación con los ciclos del producto.

Al igual que Griliches (1998), Audretsch y Feldman (2004) analizaron trabajos sobre la actividad innovadora y sus determinantes, señalando que los principales modelos siguen la línea de la función de producción del conocimiento. En cuanto a otras perspectivas descritas se menciona la relevancia de la geografía sobre las innovaciones, cayendo dentro de este análisis las economías de aglomeración. Los estudios que se muestran en este trabajo y que intentan revelar los mecanismos de transmisión de conocimientos destacan la heterogeneidad de los mismos al aplicar las técnicas de econometría espacial para evidenciarlos. Por otra parte, la revisión de los autores señala que una línea de investigación ha tomado en cuenta al espíritu empresarial como indicador del derrame de conocimientos.

Basándose en la importancia de la innovación a nivel local y sustentado en el principio marshalliano de los beneficios de la concentración, Gleaser (1999) propuso un modelo en el que las personas adquieren habilidades al interactuar "*face to face*". En el trabajo se considera a la densidad urbana como una variable que incrementa la velocidad de las interacciones. El modelo es capaz de predecir qué ciudades atraerán a personas que no sean reacias al riesgo y se benefician del aprendizaje. El autor sugirió que al aumentar la capacidad de imitación crecerá el retorno de las habilidades tecnológicas,

aunque subrayó que la estructura y distribución urbana puede influir sobre las predicciones del modelo.

Por su parte, Matouschek, *et al.* (2005) propusieron un modelo para determinar el papel de la inversión en capital humano sobre las decisiones de localización de las firmas. Se supusieron dos empresas que cuentan con retornos constantes, compiten entre ellas y son precio-aceptantes, asimismo el modelo tiene dos regiones homogéneas. El estudio predice que si la inversión en capital humano se hace por parte de las firmas y dentro de una industria determinada se espera que las empresas sean menos concentradas. Es así que las empresas que son obligadas a invertir en capacitación tenderán a dispersarse.

Recientemente, Shearmur (2012) realizó una revisión de literatura para explorar la relación entre la innovación y las ciudades, situando la exploración en el marco del trabajo realizado sobre la innovación en conexión con el territorio. En una primera parte del trabajo se estableció la relevancia de la innovación como una de las fuentes del crecimiento económico descansando en los postulados evolucionistas sobre la destrucción creativa. El autor distinguió dos tendencias que existen para medir la innovación. Por un lado las patentes para estudios regionales y, por otro, las encuestas aplicadas bajo la metodología propuesta por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) para estudios sectoriales o por industria.

En cuanto a la relación entre la innovación y las ciudades, el estudio ofrece dos perspectivas: aquella que considera a la innovación como un proceso que se desarrolla en las áreas urbanas, pues es ahí donde toman lugar factores como la proximidad entre los agentes económicos y los derrames de conocimiento, y aquella que defiende la premisa de que la innovación va más allá de las ciudades, que éste es un proceso que se diferencia según dónde y para qué se desarrolle, además de que la globalización ha gestado una interdependencia entre ciudades y regiones.

Los elementos de la geografía económica pueden parecer poco recientes, sin embargo siguen existiendo aportaciones que resaltan la importancia que tiene el espacio en la asignación de los recursos, en este caso de la producción de nuevos conocimientos. Lo interesante es recalcar la

tendencia a bajar de lo regional a lo urbano, siendo la ciudad la última propuesta de análisis para el estudio de la innovación.

2.2 Evidencia en el ámbito internacional.

El trabajo realizado sobre la innovación tecnológica a nivel internacional ha sido diverso. Los estudios que se presentan en este apartado fueron seleccionados en base a la perspectiva de análisis de esta investigación. Los modelos empíricos revisados tratan de identificar los aspectos específicos que inducen a innovar en ciertos países y regiones así como su vínculo con la actividad económica.

En la revisión se destaca el predominio de la teoría endógena en cuanto al uso de variables relacionadas a la inversión en I+D, al capital humano, a la infraestructura, a la estructura económica y a los efectos de la proximidad geográfica. Los trabajos se distinguen en cuanto la construcción de su base de datos y los resultados obtenidos. La coincidencia central se encuentra en el uso de patentes como indicador de la innovación así como el análisis bajo las técnicas econométricas.

2.2.1 Impacto de la innovación sobre la dinámica económica regional.

De las investigaciones que siguen la línea teórica de los modelos endógenos pero que les interesa conocer el impacto directo de la innovación sobre el comportamiento productivo se revisaron los trabajos de Hans-Jürgen (1997), Wong *et al.* (2005), Audretsch y Kelibach (2008), Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008) y Bronzini y Piselli (2009).

Por un lado Wong *et al.* (2005), Audretsch y Kelibach (2008) y Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008) midieron la dinámica económica a través del PIB per cápita. El primero para los 32 países que integran el *Global Entrepreneurship Monitor* (GEM), el segundo para 440 condados alemanes y el tercero para países europeos. Por su parte, Hans-Jürgen (1997) y Bronzini y Piselli (2009) lo hicieron mediante la productividad total de los factores, medido por la razón del valor agregado entre el PIB de las regiones de estudio. El primero para los países de la OCDE y el segundo para las regiones italianas.

Utilizando un modelo dinámico y logarítmico Hans-Jurgen (1997) amplió otros estudios sobre los derrames de conocimiento generados por la I+D a nivel internacional entre los países de la OCDE agregando el efecto del capital humano. Para el periodo de 1971-1985 encontró un débil impacto de la I+D sobre el crecimiento económico, aunque estadísticamente significativo. En general, el capital humano impactó directamente sobre la productividad total de los factores y sugirió que sirve de vehículo para la transferencia del conocimiento asociado al “*catching up*” económico entre los países de estudio.

En el trabajo de Wong *et al.* (2005) se determinó la influencia del patentamiento y el emprendedurismo sobre los niveles de producción de los países que integran al GEM durante el periodo de 1997 al 2002. Con datos transversales del PIB por trabajador, los tipos de emprendedurismo, un coeficiente de patentamiento y bajo una función de producción Cobb-Douglas, se exploró a la innovación tecnológica como determinante independiente del crecimiento.

El estudio destacó que los países con niveles más altos de innovación tecnológica logran crecer más rápido. También se encontró que la iniciativa empresarial de intensidad innovadora puede ser un determinante significativo y positivo del crecimiento. Los autores sugirieron que la formación de la innovación es mayor y más significativa cuando el espíritu empresarial es de alto potencial y no encontraron efectos de interacción entre creación de nuevas empresas y la innovación, lo cual atribuyeron a la heterogeneidad económica de los países analizados.

Audretsch y Kelibach (2008) propusieron una función de producción donde la actividad innovadora y el espíritu empresarial forman parte de los insumos productivos al igual que Wong, *et al.* (2005). En el trabajo se muestra que para el caso de los 440 condados alemanes las inversiones en I+D no se reflejan de forma inmediata sobre el crecimiento. Los autores sugirieron que el conocimiento es necesario mas no suficiente para incrementar la producción. Destacaron que los efectos de desbordamiento tienen limitantes y sólo regiones dotadas con capital emprendedor son las capaces de aprovechar las oportunidades de los *spillovers*, coincidiendo con Audretsch y Feldman (2004). Se encontró que la inversión en I+D explica positivamente el espíritu empresarial, el cual impacta, a su vez, directamente sobre el producto.

La investigación Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008) incluyó los sistemas regionales de innovación a los modelos de convergencia económica entre países europeos, diferenciándose de otros trabajos por ello. El trabajo estableció que el crecimiento económico se explica por las actividades en I+D y a su sistema de innovación, pues estas variables impactan de manera positiva sobre el PIB per cápita. Se encontró que los efectos de derrame de conocimiento tienen un alcance de 200 km. Las diferencias regionales encontradas en el estudio fueron atribuidas a la actividad innovadora así como en los sistemas regionales de innovación medidos por la estructura socioeconómica.

Bronzini y Piselli (2009) configuraron el rol de la inversión en I+D, capital humano e infraestructura sobre la productividad total de los factores (PTF), considerando *spillovers* geográficos, en cada uno de los distritos italianos de 1980 al 2001. En el estudio se determinó que existe mayor impacto por parte del capital humano y la infraestructura que de la I+D, pues sus resultados arrojaron que por cada punto porcentual de incremento en capital humano, infraestructura e inversión en I+D, la PTF se incrementa en 0.38%, 0.11% y 0.03%, respectivamente. Los efectos de derrame de la I+D son positivos para todas las regiones. Si se restringe el modelo espacial a las regiones frontera el impacto de la I+D es mayor. Finalmente, el análisis de causalidad les hizo concluir que el capital humano impacta la PTF a corto y largo plazo, el capital público sólo a corto plazo y la I+D en ningún caso.

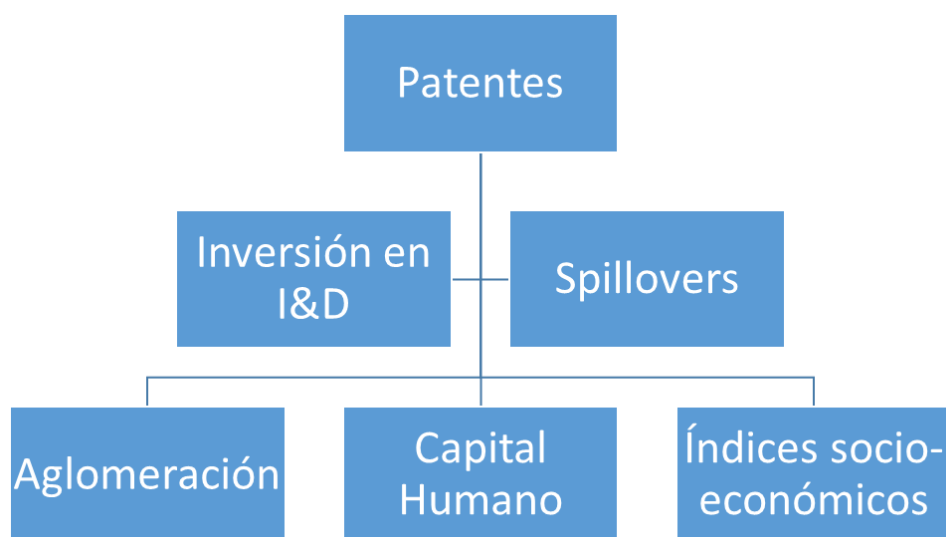
De los estudios anteriores resaltan cuatro aspectos; 1) todos miden los derrames de conocimiento, a excepción de Wong *et al.* (2005), 2) la incorporación de la variable del espíritu empresarial como indicador del cambio tecnológico regional en los trabajos de Wong *et al.* (2005) y Audretsch y Kelibach (2008), 3) la inclusión de los sistemas de innovación en el trabajo de Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008) mediante la estructura socioeconómica y 4) se destaca el hecho de que Bronzini y Piselli (2009) encontraron nula relación de causalidad entre el crecimiento económico y la inversión en I+D, en contraste con lo hallado por Hans-Jurgen (1997) y Rodríguez-Pose y Crescenzi (2008).

2.2.2 Innovación como función de producción del conocimiento.

En cuanto a la literatura que analiza las actividades de innovación a través de las funciones de producción del conocimiento se revisaron los estudios de Jaffe (1986), Jaffe (1989), Griliches (1991), Anselin *et al.* (1997), Feldman y Audretsch (1999), Acs *et al.* (2002), Bottazzi y Peri (2003), Fritsch y Franke (2004), Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007), Carlino *et al.* (2007) y Agrawal *et al.* (2008).

Se detectan tres vías para analizar la innovación tecnológica: 1) el estudio de la influencia de la inversión en I+D sobre el nivel de patentamiento en todos los trabajos salvo el de Agrawal *et al.* (2008) que utiliza la citación de patentes; 2) el impacto de la aglomeración y la estructura de mercado a excepción de los trabajos de Agrawal *et al.* (2008), Bottazzi y Peri (2003), Jaffe (1986), Jaffe (1989) y Griliches (1991); y 3) el efecto de los derrames de conocimiento, siendo Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) y Carlino *et al.* (2007) lo únicos que no optaron por esta vía (véase Figura 5).

Figura 5. Jerarquización del uso de variables sobre innovación.



Fuente: elaboración propia con base en la revisión de literatura.

Uno de los trabajos clásicos que siguen esta línea es el de Jaffe (1986), quien analizó los efectos de la inversión en I+D sobre el patentamiento, los beneficios y el valor de mercado de las firmas. El autor también estudió la

influencia de la I+D sobre las posiciones tecnológicas de las firmas entre 1972-1974 y 1978-1980. Mediante un modelo logarítmico y con datos de patentes por empresa y por sectores de alta tecnología, gasto en I+D y ventas totales, el autor encuentra evidencia de *spillovers* del conocimiento.

Jaffe (1986) también subrayó que las firmas de alta tecnología cuentan con mayor número de patentes por inversión en I+D y con un mayor retorno de la I+D en términos de sus beneficios y el valor de mercado de la firma. En el trabajo se resaltó que las empresas con poca inversión en I+D tienen bajos beneficios y valor de mercado a pesar de su cercanía a empresas con altos niveles de innovación. El trabajo permite sustentar que las empresas ajustan su capacidad tecnológica en respuesta a las expectativas de beneficios, lo que predispone la rentabilidad de la I+D y, por tanto, puede que la relación entre las ganancias y la oportunidad tecnológica no sea directa.

En otro trabajo Jaffe (1989) evidenció la existencia de *spillovers* geográficos de la investigación universitaria sobre la innovación privada. El impacto es mayor en áreas de tecnología médica, electrónica, óptica y tecnología nuclear. Los derrames del conocimiento sólo se reflejaron en zonas de coincidencia geográfica. El autor también encontró que la investigación académica tiene un efecto indirecto sobre la innovación local, pues ésta induce a la inversión en I+D.

Por su parte Griliches (1991) encontró que los *spillovers* generados por la inversión en I+D son potencialmente un mejor recurso de los modelos de crecimiento endógeno. Al revisar el modelo básico de los derrames del conocimiento a través de la cercanía existente entre los 36 sectores de manufactura norteamericanos, se encontró que, dentro de los límites territoriales, la tasa de retorno de la I+D está entre 46 y 69 por ciento, mientras que se halla entre 11 y 62 por ciento fuera de éstos. Estos rangos aumentan con la distancia, debido a que los sectores de alta tecnología son espacialmente heterogéneos.

Es así que surge una propuesta de medida de interacción espacial como porcentaje del número de condados dominados por una industria, la cual fue presentada por Anselin *et al.* (1997). El modelo que aplicaron les permitió encontrar evidencia de que existen efectos secundarios de los derrames de conocimiento de la investigación universitaria sobre la I+D. Al igual que Jaffe

(1989) y Griliches (1991) el estudio se realizó para las áreas estadísticas metropolitanas (MSA) de los Estados Unidos. El efecto *spillover* de la investigación académica tiene un alcance de 50 millas y guarda una relación causal con la inversión en I+D mas no a la inversa.

En otro trabajo, Acs *et al.* (2002) evidenciaron que el nivel de patentamiento es un buen indicador de la actividad innovadora, luego establecieron una relación causal entre la I+D y la investigación universitaria sobre las innovaciones. Con estas variables como insumos de la función de producción de conocimientos se sugirió que se pueden explicar los derrames a nivel local y que entre las regiones el impacto disminuye conforme aumenta la distancia. Sus hallazgos consolidan lo encontrado por los estudios antes comentados.

Por su parte Feldman y Audretsch (1999) realizaron un trabajo que avanza en la discusión que se tiene con respecto al efecto de la estructura económica sobre la actividad innovadora. De la misma forma que Jaffe (1989), Griliches (1991) y Anselin *et al.* (1997) el estudio se realizó a nivel industrial y MSA. Se encontró que la actividad innovadora es menor en industrias más especializadas, en cambio economías diversificadas pero con una base científica común aumentan su nivel de innovación. Por otro lado los autores comprobaron que una estructura competitiva impulsa los niveles de patentamiento. Estos resultados sugieren la existencia de economías de urbanización de tipo Jacobs.

El objetivo de Bottazzi y Peri (2003) fue estimar los efectos de las externalidades de la investigación en la generación de nuevos conocimientos bajo un enfoque espacial, identificando que la I+D genera derrames de conocimiento para el caso de 86 regiones europeas durante el periodo 1977-1995. Mediante series anuales de citación de patentes para cada unidad de estudio, así como el gasto público y privado en I+D, el trabajo mostró que duplicar el valor de este insumo en una región podría aumentar la producción de patentes entre un 80 y 90 por ciento, mientras que su impacto a 300 kilómetros se reduce a un rango de entre dos y tres por ciento.

Para los autores el resultado anterior sugiere que la actividad innovadora es de tipo clúster y es la razón del por qué los innovadores en un área tienden a citar las ideas de sus vecinos con más frecuencia. Una de las conclusiones

es que los efectos de la I+D sobre el patentamiento están bastante localizados. Debido a que las citas bibliográficas son sólo una medida de cierto tipo de conocimientos, ellos sugirieron que las externalidades estimadas podrían ser el resultado de la difusión del conocimiento no codificado entre los agentes que tienen frecuente interacción.

Fritsch y Franke (2004) realizaron un estudio para tres regiones alemanas con datos de 1995 sobre su actividad innovadora. A través de una función de producción de conocimientos los autores hallaron un impacto positivo de la inversión en I+D sobre el patentamiento regional. La diferencia de este trabajo con otros de la misma línea se encuentra en la forma de considerar a la aglomeración como una variable *proxy* de la cooperación en I+D. El trabajo demostró que existen derrames de conocimiento por parte de la aglomeración económica así como una contribución para que la I+D tuviera los mismos efectos. El trabajo evidenció que las diferencias en la actividad innovadora regional en Alemania se explican más por los *spillovers* que por el impacto directo de la I+D.

Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) analizaron los patrones espaciales de la innovación, sus interdependencias y el papel que juega en la evolución de las regiones españolas entre 1989 y 2000. En el trabajo se propuso que la actividad innovadora regional, medida a través de las patentes, es explicada por el capital humano, el gasto en I+D, por la estructura económica y por los derrames de conocimiento de otras regiones. En el análisis los autores mostraron que la innovación en una región depende de sus propios esfuerzos en I+D, la tradición innovadora y las dotaciones de capital humano, que resultan ser de mayor eficiencia para impulsar el crecimiento y reducir las disparidades.

Al encontrar externalidades tipo MAR, donde la especialización económica aumenta la actividad innovadora, Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) proponen la implementación de políticas regionales específicas así como su combinación con políticas industriales orientadas hacia el desarrollo de los sectores relevantes de la región para mejorar la innovación. Esta evidencia junto con los hallazgos de los otros trabajos comentados, indican que la geografía económica, las economías de aglomeración y el tipo de estructura

económica parecen impulsar las innovaciones de forma distinta entre países y regiones, por lo que este tipo de variables deben seguirse estudiando.

Otra investigación fue llevada a cabo para Estados Unidos y sus MSA por parte de Carlino *et al.* (2009) quienes corroboraron que la intensidad de patentamiento se relaciona positivamente con la densidad del empleo. Las MSA con una doble densidad verán incrementado en un 20 por ciento el número de patentes. Se encontró que el proceso de innovación cuenta con retornos crecientes a escala aunque son decrecientes a la densidad urbana. Con el índice de Hirshman-Herfindahl se demostró que la competencia genera mayor innovación, tal como lo habían propuesto Audretsch y Feldman (1999), pero contrario a lo encontrado por Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007). También se señaló que no existe aparente evidencia de un efecto sustitución entre la I+D pública y privada. A diferencia de otros estudios este trabajo no hace uso de las técnicas de econometría espacial.

Mostrando interés por la concentración de las innovaciones Agrawal, *et al.* (2008) encontraron que en las MSA norteamericanas la localización y el origen étnico mejoran los flujos de conocimientos entre los inventores. Sin embargo, en términos de su interacción ambas variables parecen ser sustitutos más que complementarios. Se sugirió que existe una prima por la proximidad pura, es decir, dentro de una misma MSA y también una relación negativa con la gradiente de la distancia entre dichas áreas metropolitanas. Estos resultados comprueban que la interacción por cercanía entre agentes económicos así como por otro tipo de relaciones sociales, tales como la etnicidad, incrementan la difusión y generación de nuevos conocimientos.

La mayoría de los trabajos presentados en este apartado analiza la innovación regional de los Estados Unidos, aunque también se hallan estudios para los casos de España, Italia y Alemania. En cuanto a las metodologías utilizadas se destacan los modelos logarítmicos con efectos dinámicos, la aplicación de técnicas de panel de datos bajo el método combinado y en sus respectivos casos de la econometría espacial. Por otro lado, los modelos binomial negativo o de Poisson también fueron utilizados por Feldman y Audretsch (1999) y Fritsch y Franke (2004), respectivamente.

Los primeros trabajos que midieron los efectos *spillover* utilizaron técnicas de producto cruzado para medir el impacto espacial, mientras que de

forma reciente la econometría espacial ha sido de mayor utilidad. Otro aspecto que se identifica es el uso poco frecuente del capital público o la infraestructura para explicar la innovación tecnológica de las regiones estudiadas.

Por último, se destaca que ninguno de los estudios considera el grado de apertura comercial y su impacto sobre el nivel de patentamiento regional. Estas consideraciones se deben tomar en cuenta para futuras investigaciones, pues el presente trabajo ha seleccionado los factores más relevantes considerados por la teoría y en base a la información disponible, esto es, las fuerzas de aglomeración, el capital humano y la estructura económica.

2.3 Evidencia en el ámbito nacional.

Los estudios sobre innovación tecnológica de México no son muy abundantes, sin embargo resultan útiles para analizar la dinámica económica regional del país y su vínculo con el progreso tecnológico. Primero se resaltan algunos trabajos clásicos nacionales, que son a nivel sectorial y en específico de la industria manufacturera, luego se comentan aquellos que investigan ciertas características de la innovación regional para después describir los estudios más recientes que van acorde a ciertas tendencias internacionales y que preceden esta investigación.

2.3.1 Innovación a nivel sectorial.

Las investigaciones que sustentan la dinámica de crecimiento económico de México a través de la innovación sectorial, resaltando la actividad industrial como principal unidad de análisis, son los de Aboites y Soria (1999), Capdevielle (2003), Pérez *et al.* (2004) y Romeo y Hill (2006). Todos ellos coinciden en la existencia de brechas tecnológicas sectoriales y en la dependencia tecnológica de México con el extranjero.

Aboites y Soria (1999) evaluaron la evolución del sistema nacional de patentes y encontraron que de 1980 a 1996 las tecnologías relacionadas a la industria química fueron el centro de la actividad de innovación nacional. En este sentido, la industria petrolera es el núcleo de la capacidad de innovación

del país. En cuanto a las brechas tecnológicas se demostró que la más notoria se halla entre las tecnologías del sector electrónico y la eléctrica.

Como punto relevante los autores destacaron que la innovación llevada a cabo por las empresas extranjeras estableció dos tipos de vínculos con el sector productivo del país. Por un lado, el interactivo, que consiste en la generación de redes internacionales de capacidades tecnológicas que le sirven a las firmas para desplegar sus procesos de innovación a otros países. Por otro lado, el local, que se adapta al mercado nacional de los productos innovados en el país. Finalmente, se establece que las alianzas de apertura comercial han generado que la dinámica de innovación mexicana esté marcada principalmente por las estrategias tecnológicas de las transnacionales.

Por su parte, Capdevielle (2003) llevó a cabo un estudio de la capacidad tecnológica de la industria manufacturera medida por la generación de patentes para el periodo 1980-1996. El autor también midió la eficiencia de las innovaciones a través de la productividad media del trabajo entre 1970 y 2000 y encontró un cambio estructural en el crecimiento a finales de los ochenta que impactó el desarrollo tecnológico nacional y, por ende, del sector manufacturero.

Por otro lado, se observó un incremento de la capacidad de innovación de la manufactura debido al uso de la ciencia para el desarrollo, sin embargo la industria mostró una baja integración con los segmentos intensivos en tecnología debido a la falta de un eficiente sistema de innovación nacional. De la misma forma se encontraron bajas posibilidades de crear sinergias y externalidades positivas en la industria debido a la falta de articulación intra e intersectorial. Finalmente, en el trabajo se demostró una ampliación de la brecha tecnológica entre las actividades de alta tecnología.

Con datos de la Encuesta Nacional de Innovación (ENI) 2001, Pérez *et al.* (2004) buscaron la relación que tiene la innovación de las empresas manufactureras con su desempeño económico. Los autores encontraron que la capacidad tecnológica interna de las firmas fue el factor que determinó sus inversiones en I+D así como que las innovaciones de procesos y productos se asociaron a los costos de producirlos. Por otra parte, se aseveró que la competencia resultó clave para que los sectores de alta tecnología realizaran

este tipo de actividad, concluyendo que la manufactura mexicana incrementa su desarrollo tecnológico a medida que se reducen los costos de la innovación.

Romo y Hill (2006) también usan la ENI 2001, pero bajo técnicas econométricas como logit multinomial y probit ordenado. Ellos encontraron que el tamaño de las firmas, medido por el número de trabajadores, no influyó sobre las capacidades de innovación de las empresas, tal y como lo plantean los modelos endógenos de Arrow (1962). En cambio, la inversión en I+D impactó positivamente sobre el nivel de patentes por trabajador. También se detectó que la inversión extranjera directa (IED) se encuentra asociada al incremento de las ventas de la empresa atribuidas a la innovación de productos, siendo el sector de maquinaria y equipo el de mayor dinamismo tecnológico.

2.3.2 Impacto de la innovación sobre la dinámica económica regional en México.

Bajo esta línea se encuentran trabajos como el de Mendoza *et al.* (2008), Villarreal (2011) y Guzmán *et al.* (2012). Los primeros dos estudios se llevaron a cabo mediante modelos de convergencia, aunque ambos encuentran una reducción de las disparidades en el tiempo explicada por el nivel de innovación, el periodo de análisis los hizo llegar a conclusiones diferentes. Por su parte, Guzmán *et al.* (2012) relacionan a largo plazo el patentamiento y la producción.

Mendoza *et al.* (2008) analizan el impacto que tiene la generación de patentes sobre el ingreso a nivel regional en México. Los autores propusieron un modelo empírico de convergencia para el periodo 1994- 2004 y encontraron que existe alta dispersión de ingresos de 1994 al 2000 y a partir de ese año un estancamiento de la desigualdad. Si bien ellos hallaron una relación positiva entre la innovación y el ingreso a nivel regional, el coeficiente estimado es pequeño con una velocidad de convergencia de apenas 0.79 por ciento al año. Resaltan que el efecto positivo de la innovación sobre el ingreso puede en sí mismo generar disparidades debido a la diferencia en la dotación tecnológica regional.

En otro trabajo, Villarreal (2011) estudia la relevancia de la innovación tecnológica en el crecimiento regional de México y para ello realiza una

evaluación de la política pública del país en términos de innovación para el periodo 2000-2010. La autora propuso que el cambio del PIB per cápita de los estados mexicanos se encuentra determinado por la inversión en I+D, el ambiente socioeconómico y los *spillovers* de conocimiento. Mediante un modelo de panel de datos dinámico se encontró que todas las variables impactan positivamente y que hay convergencia condicional.

Con técnicas de econometría espacial, en el trabajo se demostró la presencia de derrames de conocimiento de la I+D sobre las regiones contiguas. Se sugirió además que el proceso de convergencia queda condicionado a la capacidad tecnológica regional. Para Villarreal (2011) el ambiente socioeconómico y el capital humano determinan las diferencias en la capacidad innovadora de las economías regionales, por lo que aseguró que la política de innovación en México, a pesar de un cambio en la visión, no ha surtido suficiente efecto para transformarse y propuso reducir las disparidades en los montos de inversión en I+D entre los estados mexicanos.

Para establecer empíricamente la relación entre la dinámica del PIB de México y las actividades de innovación, Guzmán *et al.* (2012) llevaron a cabo un análisis econométrico usando series trimestrales del PIB y de patentes solicitadas a la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO). Mediante un análisis de cointegración los autores demostraron causalidad de largo plazo entre las innovaciones y el producto, donde además las patentes contribuyeron a explicar los cambios en la producción nacional hasta por dos rezagos en el tiempo. Sin embargo, el trabajo también sugiere que el nivel de patentamiento es demasiado bajo como para impactar fuertemente sobre el PIB, a la vez que el bajo desempeño económico desinhibe la capacidad inventiva del país.

En la misma investigación se encontró que ambas series mostraron un cambio estructural a partir del segundo trimestre de 1988, el cual fue atribuido a las reformas políticas en innovación. Este resultado coincide con el de Capdevielle (2003). Finalmente bajo un análisis de impacto, Guzmán *et al.* (2012) demostraron que los *shocks* del PIB sobre el nivel de patentamiento son transitorios mientras que los *shocks* de patentes sobre el PIB son permanentes. Lo anterior refuerza las ideas endógenas y evolucionistas sobre la relación causal de la innovación sobre los niveles de producción.

2.3.3 Geografía de la innovación en México.

En cuanto a los trabajos que estudian las posibles causas del patentamiento regional en México así como de su distribución geográfica, se revisaron algunos estudios previos como el de Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar (2009) y los de Germán-Soto y Gutiérrez (2010, 2012 y 2013).

Germán-Soto *et al.* (2009) tuvieron por objetivo ofrecer estimaciones empíricas de la relevancia que tienen la educación y la inversión extranjera sobre el proceso de innovación en cada entidad federativa de México para el periodo de 1994-2006. Los autores sugirieron que en el país, desde que el proceso de apertura comercial tuvo lugar, se han generado incrementos importantes en la captación de capital extranjero, con la consiguiente implantación de tecnologías nuevas y sistemas de información distintos a los tradicionalmente ejecutados por las empresas nacionales. Por otro lado, ellos comentaron que el nivel educativo debe jugar un papel esencial en el desarrollo tecnológico e innovador del país, ya que la instalación de cualquier tecnología novedosa implica un proceso de capacitación y aprendizaje que eleva el capital humano utilizado en los procesos de producción de las empresas.

Con modelos de Poisson y binomial negativo se pudo encontrar una relación positiva entre la innovación tecnológica de los estados mexicanos, la inversión extranjera directa (IED) y el nivel educativo. El trabajo evidencia que la actividad innovadora del país se concentra en las regiones Centro y Occidente siendo altamente dependiente de la IED, por lo que infieren que en México está surgiendo un proceso de aprendizaje tecnológico en vez de una dinámica de innovación tecnológica propia.

En cambio, Germán-Soto y Gutiérrez (2010) estudiaron si el flujo de las patentes en México ha sufrido un cambio estructural desde la apertura comercial en la década de los ochenta. El objetivo principal fue conocer si estos cambios estructurales también se vinculan a las reformas en la política de innovación del país. Los autores sugirieron que la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994 y la modificación de los derechos de propiedad intelectual en 1963 y 1996 produjeron cambios en el sistema mexicano de patentes para ampliar y asimilar la tecnología.

El uso de pruebas de raíces unitarias y de series de tiempo con cambio estructural los llevó a sugerir que las series de patentes nacionales tuvieron dos choques de cambio, uno en 1978 y otro en 1993, el primero positivo y el segundo negativo. De forma similar las series de patentes extranjeras sufrieron dos choques, uno en 1996 y otro en 1999, ambos positivos. Con estos resultados se planteó que la apertura comercial en México ha gestado un proceso de dependencia tecnológica basado en las inversiones extranjeras. German-Soto y Gutiérrez (2010) propusieron que sus hallazgos también son acorde al proceso de aprendizaje tecnológico a partir de la liberalización económica y a un debilitamiento del sistema de innovación nacional.

En otro estudio, Germán-Soto y Gutiérrez (2012) se plantearon estudiar algunos factores que determinan la producción de patentes entre los estados mexicanos. Ellos demostraron la hipótesis de que el nivel educativo, la investigación de las universidades públicas y la concentración de industrias de alta tecnología son elementos clave para la absorción de la transferencia de tecnología del exterior, la cual se manifiesta en el número de patentes registradas en el país.

Con variables como el PIB por estados y por sectores de alta tecnología, el gasto en educación de calidad, la escolaridad promedio, el subsidio a universidades por estudiante, la IED, el número de solicitudes de patentes y un índice basado en el sistema nacional de investigadores propusieron un modelo de regresión de coeficientes estandarizados para probar su hipótesis. El trabajo evalúa la relevancia relativa que tiene cada variable con el nivel de patentes y encuentra que la liberalización comercial ha fomentado el encadenamiento vertical a través de las patentes, aunque no así entre los estados, por lo que infieren que la inventiva de las firmas, nacionales y extranjeras, no se difunden tan fácilmente a otras empresas. El trabajo concluye de que el gasto público en actividades de investigación y las industrias de alta tecnología deben ser los objetivos prioritarios de las políticas públicas que busquen incidir sobre la capacidad de innovación de las regiones del país.

Más recientemente, Germán-Soto y Gutiérrez (2013) se plantearon determinar algunos factores que impactan sobre el patentamiento regional entre 1994 y 2006. Ellos establecen que la educación, la densidad urbana, el gasto en universidades públicas así como la concentración industrial impactan

de forma positiva el nivel de patentes en los estados mexicanos. Para el estudio utilizan tres técnicas de análisis de panel: *pool* de datos, efectos fijos y efectos dinámicos.

Los resultados arrojan que la densidad de población, como *proxy* de la aglomeración urbana, impacta positivamente el nivel de patentes en cada uno de los tres modelos. La escolaridad guarda una relación negativa solo considerando efectos fijos, además de ser no significativa. El gasto en universidades públicas impacta positivamente aunque en mayor magnitud bajo el modelo de panel dinámico. Finalmente, los autores encontraron que la concentración industrial permite aumentar el nivel de patentamiento bajo cualquier modelo.

Al igual que en los trabajos anteriores, en la presente investigación se busca estudiar aquellos factores que impulsan la innovación regional en México. Sin embargo, a diferencia de los estudios precedentes se añade un índice de concentración industrial de baja tecnología, lo que permitirá verificar si aquellos sectores de la economía que no se caracterizan por usar tecnologías de punta tienen algún impacto en el coeficiente de inventiva. Otra de las aportaciones es que aquí, a diferencia de estudios previos, se analizará si realmente existen diferencias de innovación como consecuencia de la diversidad geográfica así como por las brechas de ingreso que existen entre estados ricos y pobres del país.

2.4 Comentarios finales.

En este capítulo se abordaron los hallazgos más relevantes en torno a la innovación tecnológica en México y otros países. Se reflejaron tres aspectos importantes en los trabajos revisados: 1) el uso de las patentes como indicador de la innovación; 2) la inversión en I+D sigue siendo la principal variable explicativa en el análisis; y 3) el interés por medir los efectos espaciales de los derrames de conocimiento entre los países y regiones.

Otras variables que se han usado en los estudios más relevantes tienen que ver con el capital humano, las economías de aglomeración y la estructura económica de las regiones. En el caso de la apertura económica existe poca evidencia sobre su influencia en la innovación tecnológica. En este trabajo se

propone que sean las variables relacionadas a estos factores las que se investiguen para el caso mexicano, pues son las que empíricamente han generado resultados contrastantes en otros países y regiones.

Para el caso de México la investigación en torno a la innovación tecnológica continúa siendo insuficiente, la mayoría de los estudios revisados se han hecho a nivel sectorial por lo que se detecta la importancia que tiene el análisis bajo el enfoque regional que tome en cuenta los aspectos geográficos de la innovación y sus posibles determinantes.

Capítulo 3. Aspectos metodológicos, descripción de variables y especificación econométrica.

Introducción.

Este capítulo tiene por objetivo desarrollar aquellos aspectos ligados a la metodología de investigación. En la primera parte se describe la generación y fuentes de la base de datos así como la construcción de las variables a considerar en el estudio. Luego se desarrollan los elementos teóricos respectivos a las técnicas econométricas utilizadas para comprobar las hipótesis propuestas, esto es, las herramientas disponibles para la combinación de series de tiempo con datos transversales y los métodos existentes para conocer los efectos de heterogeneidad entre los individuos.

También se explican los modelos dinámicos de panel de datos usados en el análisis de impacto de los rezagos en el tiempo. Además, en esta sección se presenta la especificación econométrica del modelo empírico principal.

En la tercera parte se muestran las propuestas de regionalización realizadas para conocer las diferencias que existen en la actividad innovadora a nivel sub-nacional. Por un lado entre tres regiones socioeconómicas de México y luego entre los estados considerados ricos y pobres al inicio del periodo de estudio, esto para distinguir cómo es que unos y otros aprovechan sus recursos para la innovación. En una última sección se resaltan los aspectos más importantes del capítulo.

3.1 Datos e información disponibles.

A continuación se describen la conformación de la base de datos, las fuentes de información y la construcción de cada una de las variables a utilizar en el análisis de cómo el nivel de patentamiento regional en México se ve impactado por los factores seleccionados de acuerdo a su relevancia teórica y a los propósitos de la investigación.

En capítulos anteriores se ha descrito a la innovación como un proceso dinámico que se ve influenciado por una amplia gama de factores que van más

allá de lo económico y que incluyen los aspectos políticos e institucionales de los territorios que son objeto de investigación.

Por un lado se tiene que las patentes solo forman parte del conglomerado que conforma la producción, asimilación, apropiabilidad y difusión de las innovaciones. Sin embargo, la medición y significancia estadística de las patentes a lo largo del tiempo así como el reflejo que representan de la capacidad innovadora de una región hacen viable e interesante su uso en los modelos abstractos.

Es así que se tienen datos de panel con 589 observaciones compuesto por 31 datos de corte transversal y seis series anuales durante el periodo de 1994 al 2012³. El rango de tiempo se considera relevante por ser la etapa de consolidación de la apertura económica de México y caracterizada por un incremento en las disparidades de la dinámica económica regional del país, de acuerdo a la literatura descrita en los apartados anteriores. La variable dependiente es la innovación, medida a través de un coeficiente de inventiva basado en la acumulación de patentes por cada 100 mil habitantes, y las variables explicativas a considerar son la aglomeración urbana, la concentración industrial de alta y baja tecnología, el nivel promedio de escolaridad y el gasto público por alumno en educación superior.

3.1.1 Patentes.

La información sobre patentes se obtuvo del Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI) de acuerdo a sus informes anuales sobre la situación del país en este rubro. Los datos utilizados fueron los de las solicitudes de patentes realizadas por personas, grupos o empresas en cada entidad federativa.

Si la innovación es un proceso dinámico, entonces se plantea que el nivel de patentamiento, como *proxy* de la primera, también lo es, por lo tanto una solicitud de patente hecha en un año puede influir en la generación de patentes futuras. Por otro lado, la acumulación de patentes resulta relevante debido a que los efectos de una patente persisten a lo largo del tiempo. Es así

³ Las observaciones de corte transversal corresponden a las entidades federativas omitiendo al Distrito Federal al considerarlo un *outlier* al igual que en Germán-Soto y Gutiérrez (2012 y 2013). El periodo de estudio corresponde al de la mayor cantidad de información disponible de acuerdo a las fuentes de datos.

que se presenta un coeficiente de inventiva estatal, siendo este el de la acumulación media de patentes por cada 100 mil habitantes, que pasa a ser la variable dependiente.

La información sobre población se obtuvo de los indicadores demográficos del Consejo Nacional de Población (CONAPO), que a su vez se basa en los Censos de Población y Vivienda del Instituto Mexicano de Estadística y Geografía (INEGI). Para el caso de los años 2011 y 2012 se utilizaron las proyecciones que realiza el CONAPO.

3.1.2 Fuerzas de aglomeración.

La aglomeración económica es uno de los conceptos clave por los que surgió la necesidad de comprender la relevancia de la capacidad innovadora de un territorio como elemento explicativo de su divergencia económica con otras regiones.

Por un lado, autores como Arrow (1962) y Romer (1986) sustentan que la aglomeración gesta estructuras de mercado no competitivas que a su vez son causa de externalidades productivas positivas, dichas externalidades quedan representadas por la difusión de los conocimientos. Y aunque aún existe el debate sobre si son las aglomeraciones especializadas o diversificadas las que generan mayores derrames, el uso de esta variable se limita a identificar el papel general de la aglomeración sobre el nivel de patentamiento, pues en otras variables que se explican adelante se pretende conocer el rol que juega la estructura económica.

De acuerdo con Krugman (1991) y Gleaser *et al.* (1991) antes de entender las externalidades es necesario comprender la importancia de las fuerzas de la aglomeración y su impacto sobre la producción. En el caso de este trabajo la relevancia se halla en su impacto directo sobre el nivel de patentamiento de las regiones mexicanas, como Feldman y Audretsch (1999) y Fritch y Franke (2004) lo hicieron para las regiones europeas y alemanas, respectivamente.

Como *proxy* de la aglomeración se ha utilizado la densidad de población por entidad federativa. La construcción de la variable se basa en la razón entre

la población y la extensión territorial en kilómetros cuadrados. Ambos datos se obtuvieron del INEGI.

3.1.3 Capital humano.

El capital humano es un elemento que resulta relevante desde la propuesta de los modelos de crecimiento endógeno al responder por qué no solo es la cantidad del factor productivo trabajo el que genera mayor dinamismo económico sino que su calidad y cualidad puede producir diferencias entre las regiones.

En los estudios de Lucas (1988) y Romer (1989) se mostró cómo el capital humano tiene dos impactos sobre la economía, uno interno que tiene efecto directo sobre la productividad y otro externo que genera beneficios al aumentar el nivel de conocimientos de la sociedad así como por la difusión de los mismos. Uzawa (1965) considera que éste además debe ser visto como un bien de acumulación.

Resulta relevante entonces para esta investigación analizar los efectos del capital humano sobre el nivel de patentamiento. En este trabajo se presentan dos variables *proxy*; los años de escolaridad promedio y el gasto por alumno en educación superior de cada entidad federativa.

En cuanto a la escolaridad promedio se obtuvo la información del INEGI, correspondiente a los Censos de Población y Vivienda. El gasto por alumno en educación superior es una razón entre el subsidio ordinario público estatal y federal a las universidades públicas estatales en miles de pesos constantes (1993=100) y la cantidad de alumnos en educación superior en licenciatura universitaria y tecnológica.

Para el caso de la segunda variable la información sobre el subsidio y alumnos hasta 2006 se obtuvo del compendio realizado por el Seminario de Educación Superior de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la cifras a partir de 2007 se obtuvieron de la Dirección General de Educación Superior Universitaria de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública (SEP) así como de los anuarios estadísticos de licenciatura y posgrado de la Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior (ANUIES).

3.1.4 Concentración industrial.

Existe un extenso debate sobre el papel de la estructura económica en la actividad innovadora de las regiones. Desde trabajos clásicos como el de Arrow (1962) y Romer (1986) o más recientes como el de Fritsch y Frake (2004), Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) y Carlino *et al.* (2007), los resultados contrastan e incitan a investigar el rol de esta variable sobre las innovaciones.

Por un lado se tiene que son las estructuras poco competitivas y especializadas las que generan mayor innovación, por otra parte, se concibe que es la especialización, pero bajo competencia, la que permite mayores derramas de conocimiento. Como tercer postulado se tiene que son las economías diversificadas y competitivas las que impulsan las capacidades en innovación de una región determinada.

En este trabajo se continúa con el uso del índice de localización industrial o especialización de las industrias de alta tecnología, utilizado por Germán-Soto y Gutiérrez (2013), pero además se añade un índice de localización para el caso de las industrias de baja tecnología y medir su impacto sobre el nivel de patentamiento. Esta última variable resulta interesante pues se espera que su efecto sea negativo pues de acuerdo a Fisher y Varga (2003) suelen tener un bajo aprovechamiento de los recursos en innovación.

Con estas variables se espera conocer cómo actúa la estructura económica sobre la innovación tecnológica en las regiones de México. Para construir los coeficientes se obtuvo información del PIB total nacional y estatal así como del PIB total manufacturero. Luego se generó un PIB de alta y otro de baja tecnología, correspondiente a las actividades propuestas por Fisher y Varga (2003) y OCDE (1995)⁴.

Los datos del PIB se obtuvieron del INEGI y todos se hallan a precios constantes (2008=100). El PIB manufacturero era presentado en nueve grandes divisiones y a partir de 2009 se presentó en 11 por lo que a partir de ese año se

⁴ Las actividades de baja tecnología son: a) alimentos, bebidas y tabaco, b) textiles, prendas de vestir e industrias del cuero, c) industrias de la madera y productos de madera y d) papel productos del papel, imprentas y editoriales. Las actividades de alta tecnología son: a) sustancias químicas, derivados del petróleo y productos de caucho y plástico, b) productos de minerales no metálicos, exceptuando derivados del petróleo y carbón y c) productos metálicos, maquinaria y equipo.

integró la información en las antiguas nueve para poder realizar la clasificación de alta y baja tecnología. El índice queda como sigue⁵:

$$LQ_i = \frac{Q_{mi}/Q_{ti}}{Q_{mn}/Q_{tn}} \quad (3.1)$$

donde:

LQ_i = índice de localización de baja/alta tecnología

Q_{mi} = PIB manufacturero baja/alta tecnología en región i

Q_{ti} = PIB total manufacturero en la región i

Q_{mn} = PIB manufacturero baja/alta tecnología nacional

Q_{tn} = PIB total manufacturero nacional

3.2 Modelo y técnicas de panel de datos.

3.2.1 Panel de Datos.

La estimación consiste en averiguar el efecto que tienen las fuerzas de aglomeración, la concentración industrial de alta y baja tecnología así como del nivel de escolaridad promedio y el gasto público en educación superior por estudiante sobre el nivel de patentamiento en cada uno de los estados del país.

La base de datos consta de seis series de tiempo y 31 observaciones de corte transversal luego de excluir al Distrito Federal debido a que los altos valores que muestran la mayoría de las variables para esta entidad lo vuelven un potencial *outlier* al realizar las estimaciones de regresión, como lo muestra el trabajo de Germán-Soto, Gutiérrez y Tovar (2009). Por la tanto se cuenta con un panel de datos.

Los modelos para datos de panel, a diferencia de las series de tiempo o las secciones cruzadas, constan de dos dimensiones. La ecuación básica se denota por:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^k (\beta_k X_{it}) + U_{it} \quad (3.2)$$

⁵ Un $LQ_i > 1$ significa que la región i se encuentra especializada en la industria de baja/alta tecnología con respecto a la estructura a nivel nacional.

donde:

Y_{it} = variable dependiente

β_0 = intercepto

β_k = coeficientes asociados a variables explicativas

X_{it} = variables explicativas

U_{it} = residuos aleatorios

para toda $i = 1 \dots N$ (sujetos), $t = 1 \dots T$ (tiempo) y $k = 1 \dots K$ (parámetros).

Los beneficios de las técnicas de panel de datos es que considera mayor información para las estimaciones pero además que contempla la posible heterogeneidad o asimetría no observable entre los sujetos. Este efecto se denota por la variable exógena Z_{it} y queda especificada en la ecuación por:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^k (\beta_k X_{it}) + \delta Z_{it} + U_{it} \quad (3.3)$$

Sea $\alpha_{it} = \delta Z_{it}$ = al efecto no observable, entonces la ecuación queda:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^k (\beta_k X_{it}) + \alpha_{it} + U_{it} \quad (3.4)$$

De acuerdo a Greene (2008) y Baltagi (2008) existen dos posibilidades de analizar la posible heterogeneidad entre las observaciones de corte transversal y que van acorde a la relación que guardan con el conjunto de variables explicativas X_{it} .

Se dice que los efectos son fijos si:

$$E(\alpha_{it} | X_{it}) \neq 0 \quad (3.5),$$

lo que implica una correlación entre los efectos de heterogeneidad y las variables explicativas que se mantiene constante entre los sujetos a través de las secciones cruzadas. Dicho efecto se obtiene una vez estimados los valores de los coeficientes asociados a las variables explicativas β_{it} .

Para el caso contrario, los efectos son aleatorios si:

$$E(\alpha_{it}|X_{it}) = 0 \quad (3.6),$$

lo que significa independencia entre las variables explicativas y el efecto de heterogeneidad entre los sujetos. De forma tal que el efecto se verá reflejado en el término de error ε_{it} de la ecuación:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^k (\beta_k X_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3.7)$$

donde:

$$\varepsilon_{it} = \alpha_{it} + U_{it} \quad (3.8)$$

Para elegir entre el modelo de efectos fijos y el de efectos aleatorios Greene (2008) recomienda el uso de la prueba de especificación de Hausman que contrasta las siguientes hipótesis:

$H_0: E(\alpha_{it}|X_{it}) = 0 =$ efectos aleatorios

$H_1: E(\alpha_{it}|X_{it}) \neq 0 =$ efectos fijos

$$H = (\beta_{ef} - \beta_{ee})' [Mcov(\beta_{ef}) - Mcov(\beta_{ee})]^{-1} (\beta_{ef} - \beta_{ee}) \rightarrow \chi^2 \quad (3.9)$$

donde:

β_{ef} = coeficientes estimados por modelo de efectos fijos

β_{ee} = coeficientes estimados por modelo de efectos aleatorios

$Mcov$ = matriz de varianzas-covarianzas

Si $H > \chi^2$ se rechaza la H_0 y se considera consistente al modelo de efectos fijos. Cabe mencionar que la heterogeneidad no observable se busca frecuentemente entre los individuos o las secciones cruzadas, aunque también ésta puede existir a través del tiempo, lo que implica que las diferencias

pueden surgir por coyunturas temporales. Dependiendo del modelo se puede especificar entre uno y otro o ambos a la vez.

En general se tienen las siguientes posibilidades para el análisis de bases de datos de panel:

- 1) Cuando no existen efectos de heterogeneidad en un modelo como el de la ecuación (3.2) éste se puede estimar por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) combinados, también denominados *pooled* (regresiones agrupadas). Se asume que el término constante β_0 y el resto de los parámetros asociados a las variables explicativas son iguales para todos los sujetos.
- 2) Cuando existen efectos de heterogeneidad no observable en un modelo como el de la ecuación (3.4) y se asumen como fijos, éste se puede estimar por el método *within* o el método de variables *dummy*. El primero consiste en extraer la media a la ecuación original para obtener los efectos fijos, de forma tal que:

$$ait = (Yi - Ymed) - \beta'(Xi - Xmed) \quad (3.10)$$

El segundo método consiste en estimar el efecto fijo para cada uno de los sujetos mediante variables *dummy*, de forma tal que:

$$Y = D\zeta + U \quad (3.11)$$

donde D = matriz de variables *dummy* y ζ = efecto fijo

Para decidir entre ambos métodos, que de acuerdo a Baltagi (2008) son los más utilizados entre otros que existen, conviene realizar una prueba F, la prueba de Wald o la prueba de Razón de Verosimilitud comparando la eficiencia de las estimaciones.

- 3) Cuando existen efectos de heterogeneidad no observable y se asumen como aleatorios se tiene un modelo como el de la ecuación (3.7), lo que implica una transformación de la matriz de varianzas-covarianzas pues los errores se denotan como en (3.8). Se tiene entonces que:

$$E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{it}'] = V \quad (3.12)$$

Esta nueva matriz V de varianzas no es cuadrada ni simétrica y su diagonal se compone a su vez por las matrices de varianzas-covarianzas entre los α_{it} y las U_{it} . Dado lo anterior, Greene (2008) recomienda resolver el modelo por Mínimos Cuadrados Generalizados Factibles (MCGF) o por el método de Máxima Verosimilitud. El método de MCGF es el más utilizado y consiste en obtener la matriz de varianzas-covarianzas necesaria a partir de la matriz de varianzas-covarianzas original, en este caso como si fuera una estimación de efectos fijos. De forma tal que se obtiene:

$$Var(\alpha_{it} + U_{it}) = \sum_{i=1}^N (Y_{it} - \beta'X_{it})^2 / N \quad (3.13)$$

En este trabajo se llevarán a cabo en un primer momento las estimaciones a través del método de regresiones agrupadas para verificar la existencia de heterogeneidad entre los sujetos en cuanto al impacto de las variables seleccionadas sobre el nivel de patentamiento. Estas asimetrías son esperadas debido a que el estudio no recoge todos los posibles determinantes y factores que lleven a las regiones a tomar la decisión de patentar.

Los modelos explicados no consideran los efectos del pasado sobre el nivel de patentamiento. Siguiendo los postulados de la teoría del crecimiento endógeno y la teoría evolucionista, la innovación es un proceso acumulativo de conocimientos, por lo tanto, el análisis del patentamiento como *proxy* de la capacidad en innovación de las regiones puede ser mejor representado por una estructura de panel de datos dinámico que considera los rezagos en el tiempo y su impacto sobre la variable dependiente.

De acuerdo con Arellano (2003) el análisis de la dinamicidad en los modelos de panel de datos se centra en dos tipos de situaciones: 1) la estimación de modelos dinámicos con efectos fijos de heterogeneidad; y 2) la estimación de modelos dinámicos con componentes de error o de efectos de heterogeneidad aleatoria. En el primer caso el problema se haya en la correcta estimación de los parámetros en ausencia de exogeneidad estricta de las variables regresoras, en el segundo caso el problema se trata de distinguir la dinámica natural del sistema provocada por la heterogeneidad no observable en la perturbación aleatoria.

El modelo de panel de datos dinámico queda denotado por:

$$Y_{it} = \sum_{k=1}^k (\beta_k X_{it}) + Y_{it-1} + \delta Z_{it} + U_{it} \quad (3.14)$$

La estimación tradicional de modelos dinámicos se da a través del método intragrupos que para Greene (2008) y Baltagi (2008), ya sea por estimación en niveles, en primeras diferencias o en desviaciones con respecto a las medias transversales, causa problemas de endogeneidad por la correlación que guarda Y_{it-1} con Y_{it} .

Una alternativa para solucionar el problema anterior es el uso del Método de Momentos Generalizado (MMG) que siguiendo a Arellano (2002 y 2003) consiste en la aplicación de Variables Instrumentales (VI) para que el sistema de ecuaciones en niveles quede denotado por:

$$Y_{it} = \sum_{i=1}^N (\alpha_i + \theta Y_{it-1}) + e_{it} \quad (3.15)$$

donde:

θ = parámetro asociado a la variable dependiente rezagada.

Para el control de los efectos de heterogeneidad no observable α_{it} se plantea la forma en diferencias para la que se tendría la siguiente ecuación:

$$\Delta Y_{it+1} = \sum_{i=1}^N (\theta \Delta Y_{it}) + \Delta e_{it+1} \quad (3.16)$$

Así, pues, el problema de estimación por el método tradicional de regresión es la correlación entre ΔY_{it} y Δe_{it+1} . La estimación por VI exige encontrar un instrumento no correlacionado con Δe_{it+1} pero correlacionado con la variable ΔY_{it} . El instrumento de selección puede ser el valor del nivel Y_{it} , es decir, el rezago en niveles de la variable predeterminada puesto que por su construcción guarda relación con ΔY_{it} , debido a que $\Delta Y_{it} = Y_{it} - Y_{it-1}$, mas no así con Δe_{it+1} .

De esta forma el modelo estará exactamente identificado al contar con una variable instrumental, que guarda una condición de ortogonalidad entre los errores en diferencia y los valores rezagados de la variable dependiente para la estimación de un solo coeficiente:

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^N Y_{it-1}(Y_{it+1}-Y_{it})}{\sum_{i=1}^N Y_{it-1}(Y_{it}-Y_{it-1})} \quad (3.17)$$

El uso de VI permite hacer una interpretación sencilla del MMG propuesto en el trabajo de Arellano (2002). El estimador MMG viene a ser un caso de estimación por variables instrumentales donde el sistema de ecuaciones e instrumentos se encuentra sobreidentificado. Así, pues, el MMG se describe como una combinación lineal de todos los estimadores obtenidos en cada condición de ortogonalidad ponderada por la precisión existente entre el grado de correlación del instrumento con la variable exógena y la perturbación aleatoria.

Además, Arellano y Bond (1991) y Arellano (2002) comentan que la estimación en diferencias no es la única transformación posible para aplicar el MMG, proponen considerar las variables expresadas en desviaciones ortogonales, es decir, cada valor de la variable menos todos su adelantos, para evitar la heterogeneidad en la varianza. De forma tal que la estimación de MCO, utilizando los instrumentos, conduce al mismo resultado que la estimación por MCG del modelo en primeras diferencias, pero la transformación ortogonal puede llevar al uso de variables instrumentales más fuertes que el primero. La aplicación del método descrito tiene la propiedad de que si la serie de solicitudes de patentes es estacionaria, entonces su transformación también lo será. De esta forma es posible presentar los tres modelos a estimar en una primera parte de la investigación.

3.2.2 Especificación empírica del modelo.

Habiendo descrito las distintas técnicas y detalles econométricos de la teoría de panel de datos se presenta el primer modelo a estimar bajo el método de regresiones agrupadas:

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQ_i A_{it} + \beta_5 LQ_i B_{it} + e_{it} \quad (3.18)$$

donde:

P_{it} = Solicitudes de patentes acumuladas por cada 100 mil habitantes.

A_{it} = Aglomeración, medida por la densidad de población.

E_{it} = Escolaridad, medida por los años promedio de educación.

G_{it} = Gasto público en universidad por estudiante en licenciatura.

$LQ_i A_{it}$ = Concentración industrial de alta tecnología.

$LQ_i B_{it}$ = Concentración industrial de baja tecnología.

e_{it} = término de error aleatorio.

La expresión (3.18) estaría representando la relación lineal que existe entre las variables explicativas y la dependiente considerando que no existen diferencias estadísticas entre los sujetos, por lo que al llevar a cabo la regresión se estiman los parámetros como si fueran para un solo individuo a través de un corte transversal.

Debido a que se espera la existencia de heterogeneidad en las decisiones de patentamiento entre los estados mexicanos y además se plantea que los efectos sean fijos debido a la correlación que guardarían con las variables explicativas, se tiene un segundo modelo:

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQ_i A_{it} + \beta_5 LQ_i B_{it} + \alpha_{it} + u_{it} \quad (3.19)$$

donde:

α_{it} = denota los efectos de heterogeneidad no observable.

u_{it} = término de error aleatorio.

En el caso de la expresión (3.19) se representa la relación que guardan las variables exógenas con el nivel de patentamiento, considerando que existe un efecto diferenciador de las actividades en innovación entre los individuos. Esta diferencia es constante y explicada por las características específicas de cada determinante en cada región.

Para conocer los efectos del pasado sobre actuales niveles de patentamiento que se consideran como parte de un proceso acumulativo de conocimientos, entonces se estima un tercer modelo:

$$P_{it} = \Omega_i + \beta_0 P_{it-1} + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQIA_{it} + \beta_5 LQIB_{it} + \alpha_{it} + u_{it} \quad (3.20)$$

donde:

$$\Omega_i = \text{es estacionaria} \sim N(0, \sigma^2)$$

$$u_{it} = \sigma_{it}(e_{it} + \phi e_{it-1})$$

$$e_{it} = \text{es estacionaria} \sim N(0, 1)$$

La expresión (3.20) deja expuesta la relación que guarda el nivel de innovación con las patentes anteriores, el grado de aglomeración urbana, los niveles de escolaridad promedio, el gasto público en educación superior por estudiante en nivel licenciatura y la concentración industrial de alta y baja tecnología. Considerando también los efectos de heterogeneidad entre los individuos a través del parámetro Ω_i .

Esta investigación toma en cuenta que existen otros elementos que podrían determinar el nivel de patentamiento y, en sí mismo, sus limitaciones como indicador de toda la actividad innovadora, sin embargo, dada la teoría económica reciente sobre innovación se considera que las variables seleccionadas pueden dar un buen reflejo de la capacidad de inventiva que tienen las regiones en México. Para conocer las posibles diferencias se propone un análisis de regionalización específica.

3.3 Regionalización y efectos de interacción.

Otro objetivo de la investigación es analizar el comportamiento del patentamiento en dos tipos de regionalización distintas a la de la división política por entidad federativa, acorde a contextos socioeconómicos. El Mapa 1 muestra la regionalización para el estudio global del patentamiento en México explicado en el apartado anterior.

Mapa 1. Regionalización por entidad federativa.



Fuente: Elaboración propia

Un aspecto relevante es conocer las diferencias que surgen en el impacto de la aglomeración urbana, el nivel educativo, el subsidio a universidades y la concentración industrial de alta y baja tecnología, sobre el nivel de patentamiento entre tres distintas regiones socioeconómicas que se distinguen en el país sustentadas en el criterio de proximidad geográfica así como por mantener estructuras económicas similares. El Mapa 2 muestra la segunda opción de regionalización.

Por un lado se tendría a la región Norte (RN) que agrupa a los estados que colindan territorialmente o son próximos a los Estados Unidos, esto es, Baja California y Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Zacatecas. Trabajos como el de Celaya y Díaz (2002) muestran que la dinámica económica de estos estados es completamente diferenciada al del resto del país y que su comportamiento se encuentra ligado al mercado estadounidense.

Otra región sería la Región Centro (RC) conformada por los estados del centro y occidente del país, todos ellos distinguidos por una estructura económica industrializada así como por una dinámica de comportamiento propia a la de la lógica nacional. Los estados de Nayarit, Jalisco,

Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Colima, Michoacán, Estado de México, Tlaxcala, Morelos y Puebla son los que integran dicha región.

Mapa 2. Regiones socioeconómicas



Fuente: elaboración propia

Como tercer región se tiene a la Región Sur-Golfo (RSG) integrada por los estados de Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Esta región se puede distinguir por una estructura económica enfocada hacia los sectores primarios, de extracción petrolera y de turismo, lo que sugiere que su actividad innovadora se puede encontrar determinada por aspectos específicos y distintos al del resto del país.

La estimación de los impactos diferenciados que cada una de estas regiones tiene sobre el patentamiento será recogida a través de la incorporación, a las ecuaciones de regresión, de variables dummy regionales, tal y como lo describe la expresión siguiente:

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQ_i A_{it} + \beta_5 LQ_i B_{it} + DN + DC + e_{it} \quad (3.21)$$

donde:

DN = variable *dummy* para región norte

DC = variable *dummy* para región centro

DSG = variable *dummy* para región sur-golfo

En este caso se tiene que excluir una de las variables binarias para evitar el problema de multicolinealidad perfecta. El efecto de la *dummy* que se deja fuera es recogido por el intercepto y, por lo tanto, los coeficientes asociados a las variables dicotómicas incluidas en el modelo se interpretan como un diferencial con respecto al intercepto.

Como parte del análisis de este trabajo se ha considerado que los niveles de ingreso de las entidades federativas pueden también generar distintos impactos de las variables exógenas sobre el nivel de patentamiento. Es por ello que se propone una tercera regionalización del país sustentada en la riqueza de los estados, siendo el PIB per cápita al inicio del periodo de estudio el dato a utilizar para diferenciar a los estados ricos de los pobres, tal como se muestra en el Mapa 3.

En esta parte se selecciona a los estados con mayor o menor riqueza para identificar cómo las variables explicativas cambian su comportamiento de acuerdo al nivel de ingresos inicial. Guzmán *et al.* (2012) mencionaron que en México existe el problema de que a menor crecimiento de la producción menor es la innovación, a su vez que una menor innovación genera menor producción, por lo que los resultados pueden arrojar luz sobre el uso que las regiones le dan a sus recursos de innovación de acuerdo a su capacidad productiva.

Los estados que corresponden al grupo de mayor PIB per cápita son Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Campeche, Coahuila, Colima, Chihuahua, Jalisco, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco y Tamaulipas. El grupo de entidades con menor PIB per cápita son Chiapas, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas.

El modelo que contempla *dummies* de ingreso adopta la siguiente forma:

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQ_i A_{it} + \beta_5 LQ_i B_{it} + DR + e_{it} \quad (3.22)$$

donde:

DR = variable *dummy* para estados ricos

DP = variable *dummy* para estados pobres

Y la interpretación queda definida de la misma forma que el modelo anterior.

Mapa 3.Regionalización de acuerdo al PIB per cápita



Fuente: elaboración propia con base en información del INEGI

Finalmente, se desean conocer los efectos de interacción que existen entre las variables independientes con cada una de las regiones formadas y establecer así cuáles son los elementos concretos que de forma estricta pueden explicar mejor las diferencias regionales de la actividad innovadora en México. Para tomar en cuenta esta opción, la especificación de los modelos es:

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQ_i A_{it} + \beta_5 LQ_i B_{it} + \delta_n \sum_{k=1}^3 (D_k * X_{it}) + e_{it} \quad (3.23)$$

donde:

$\delta_n \sum_{k=1}^3 (D_k * X_{it})$ = efectos de interacción de cada región con cada una de las variables exógenas.

$$P_{it} = \beta_0 + \beta_1 A_{it} + \beta_2 E_{it} + \beta_3 G_{it} + \beta_4 LQIA_{it} + \beta_5 LQIB_{it} + \delta_n \sum_{k=1}^2 (D_k * X_{it}) + e_{it} \quad (3.24)$$

donde:

$\delta_n \sum_{k=1}^2 (D_k * X_{it})$ = efectos de interacción de cada grupo de estados con cada una de las variables exógenas.

De todas las posibles combinaciones de variables interactivas que se pueden obtener en las ecuaciones (3.23) y (3.24), en los ejercicios empíricos siguientes solo serán consideradas aquellas que resulten significativas y que de acuerdo al criterio de información bayesiano generen un mejor ajuste del modelo, por lo que un ejercicio de ensayo y error en la especificación econométrica no podrá ser evitado.

3.4 Comentarios finales.

En este apartado quedó descrito todo lo relacionado con las metodologías de investigación. Con lo que respecta a la base de datos se conformó un panel con 589 observaciones que van de 1994 al 2012 e integrado por 31 secciones cruzadas que corresponden a las entidades federativas del país, descartando al Distrito Federal por ser estadísticamente un *outlier* en términos de innovación.

Se construyó un coeficiente de inventiva que corresponde a la acumulación de patentes por cada 100 mil habitantes como *proxy* de la actividad innovadora. Se consideraron cinco variables determinantes del patentamiento y agrupadas en los tres principales factores con que cuentan las economías para generar conocimientos productivos: las fuerzas de aglomeración (medida por la densidad urbana), la estructura económica (medidas por los índices industriales de baja y alta tecnología) y el capital

humano (medido por la escolaridad media y el subsidio a universidades públicas por estudiante en nivel superior).

En cuanto a las técnicas de análisis para datos de panel se explicaron los correspondientes a las regresiones agrupadas y con efectos fijos y aleatorios de heterogeneidad no observable entre los individuos. También se consideró el modelo dinámico para verificar la influencia del patentamiento rezagado un periodo sobre la innovación contemporánea, en este caso se describió el MMG con variables instrumentales sugerido por Arellano (2002). Asimismo, se muestra en cada caso el modelo empírico a estimar.

Para demostrar las diferencias regionales de la actividad innovadora se propusieron otras dos regionalizaciones, la primera que considera tres espacios socioeconómicos distintos al interior del país, la Región Norte, la Región Centro y la Región Sur-Golfo. Una segunda regionalización se hace de acuerdo al producto per cápita al inicio del periodo de estudio, separando a los estados en ricos y pobres para de esta forma distinguir como unos y otros aprovechan sus capacidades de innovación. En ambos casos se consideran modelos empíricos con variables *dummy* por región. Por último, se presentaron dos especificaciones para detectar los efectos de interacción entre las regiones y los determinantes de la innovación.

Capítulo 4. Factores determinantes de la actividad innovadora regional en México.

Introducción.

En los capítulos anteriores se ha llevado a cabo una revisión teórica y empírica sobre la innovación tecnológica y los factores económicos que la potencializan, enfocada en su mayoría al nivel regional. Dentro de las teorías contemporáneas este trabajo se sustenta en los postulados de la teoría evolucionista así como de la teoría endógena del crecimiento.

Se ha realizado una selección de variables que en base a la literatura pueden resultar ser las más relevantes para explicar la innovación, medida por el nivel de patentamiento. Una vez explicada la conformación del panel de datos y las técnicas existentes para su análisis así como hecha la especificación los diferentes modelos empíricos a estimar, el objetivo de este capítulo es la aplicación de la metodología a datos observados a nivel de los estados mexicanos.

Primero se lleva a cabo un análisis descriptivo de la información disponible al reconocer y explicar las principales características específicas de las series de tiempo, la correlación que se guarda entre las variables así como sus valores más representativos.

Luego se realiza la aplicación de cuatro distintos modelos teóricos para los datos de panel: la regresión combinada, la regresión con efectos aleatorios, la regresión con efectos fijos y la regresión con efectos dinámicos. Dada una serie de simulaciones se presentan en el trabajo los cuadros de salida con las estimaciones de mejor ajuste y significancia estadística para proceder a su interpretación.

En un tercer apartado se aplican las mismas técnicas pero con variables dicotómicas para diferenciar los efectos de las variables exógenas sobre la dependiente, dada una regionalización del país en cuanto a las características socioeconómicas de las entidades federativas. Se encuentran resultados importantes de la actividad innovadora de cada región así como de los determinantes de su nivel de patentamiento.

Las capacidades y causas de la innovación también pueden cambiar entre estados ricos y pobres, esa es otra hipótesis que se plantea y se comprueba en un cuarto apartado. Las mismas técnicas y modelos con variables *dummy* usadas en el apartado anterior son aplicadas. Finalmente se presentan algunos comentarios finales.

4.1 Análisis descriptivo.

Para dar una primera aproximación a la relación que existe entre las variables, en la Tabla 1 se muestra la matriz de correlaciones. Aunque el vínculo que se observa no implica causalidad se encuentran elementos interesantes. El punto más importante es que todas las variables exógenas se correlacionan de forma positiva con las patentes, siendo la escolaridad promedio la de mayor relevancia al tener un valor de 0.592, siguiéndole el gasto público en educación superior (GPES) y la concentración industrial de alta tecnología con 0.376 y 0.219 respectivamente. La aglomeración se correlaciona con 0.223 y aunque se esperaría un valor negativo para el caso de la concentración industrial de baja tecnología, ésta es positiva pero muy baja, cerca de 0.050 de correlación.

Tabla 1. Matriz de correlaciones.

Variable	Patentes	Aglomeración	LQB	LQA	Escolaridad	GPES
Patentes	1.000					
Aglomeración	0.223	1.000				
LQB	0.050	0.290	1.000			
LQA	0.319	0.333	0.264	1.000		
Escolaridad	0.592	0.142	-0.060	0.151	1.000	
GPES	0.376	-0.196	-0.122	-0.285	0.400	1.000

Fuente: Elaboración propia con información de IMPI, INEGI, ANUIES y SEP.

Un segundo elemento que resalta es la correlación positiva y relativamente alta entre la densidad urbana y el índice de localización industrial de alta tecnología, que suena lógico bajo los postulados de la teoría endógena del crecimiento por economías de aglomeración del tipo MAR. Otra observación es la correlación negativa entre los insumos de capital humano y la concentración industrial de baja tecnología que va acorde a la misma teoría. Cabe señalar que estas primeras aproximaciones permiten vislumbrar ciertas

relaciones entre las variables que sugieren realizar un estudio a profundidad, sin dejar de lado que el interés es explicar los factores que impulsan a la innovación, medida por la acumulación de patentes.

Después se pueden describir otras características de las variables. En la Tabla 2 se observa que entre 1994 y 2012 los estados mexicanos generaron en promedio 3.72 patentes por cada 100 mil habitantes, es decir, contemplando el valor mínimo de cero patentes y el máximo de 30.82 patentes, el coeficiente medio de inventiva en el país es bajo. La desviación estándar de la acumulación de patentes fue de 4.35.

Tabla 2. Estadísticas descriptivas globales de los datos.

Variable	Patentes	Aglomeración	LQB	LQA	Escolaridad	GPES
Media	3.723	94.675	1.115	0.990	7.762	14.673
Mediana	2.222	49.949	0.923	1.210	7.879	13.343
Máximo	30.829	720.429	2.936	2.797	10.100	74.929
Mínimo	0.000	4.838	0.026	0.003	4.805	1.766
Desv. Est.	4.349	120.641	0.636	0.728	1.038	8.196
Probabilidad	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Observacione	589	589	589	589	589	589

Fuente: elaboración propia con información de IMPI, INEGI, ANUIES y SEP.

Durante el espacio de tiempo analizado se tiene que la densidad de población promedio es de 94 habitantes por kilómetro cuadrado, la escolaridad media es de 7.7 años y el gobierno gastó \$14,673.00 pesos por estudiante en educación superior. Además, es interesante ver que los coeficientes de localización industrial tuvieron valores promedio que no se esperaban, pues aunque ambos índices se aproximan a la unidad, el hecho de obtener un $LQiB_{it} = 1.115$ y un $LQiA_{it} = 0.090$ implica que en general, los estados mexicanos se encuentran especializados en actividades industriales de baja tecnología y que su actividad manufacturera de alta tecnología es más parecida a la nacional. De esto último resulta interesante conocer las diferencias regionales de la estructura económica y su impacto sobre la innovación.

En cuanto al resto de estadísticas se tienen una densidad máxima y mínima de 720 y 5 habitantes por kilómetro cuadrado, respectivamente; así como una desviación estándar de 120 habitantes por área. Las mismas

estadísticas pero para el resto de las variables fueron de: 10.1, 4.80 y 1.03 (escolaridad promedio); 74.92, 1.76 y 8.19 (GPES); 2.29, 0.003 y 0.728 (localización industrial de alta tecnología; y 2.926, 0.026 y 0.636 (localización industrial de baja tecnología).

4.2 Análisis global de la innovación regional en México.

Como parte del primer estudio formal de la investigación se utilizaron cuatro modelos teóricos para el análisis de datos de panel bajo los métodos que resultaron más eficientes en la simulación, todos ellos de tipo doble logarítmico (o log-log) como se puede ver en la Tabla 3. Primero, se llevó a cabo una regresión agrupada. Bajo esta técnica todas las variables resultaron significativas salvo la concentración industrial de baja tecnología. Sin embargo, al observar los estadísticos el valor bajo del Durbin-Watson igual a 0.171 indica evidentes problemas de autocorrelación con los residuos de un periodo a otro. De forma tal que se procedió al análisis de panel de datos con efectos de heterogeneidad no observable entre los individuos.

Se estimaron los modelos empíricos correspondientes a efectos fijos y aleatorios del elemento que diferencia cada una de las secciones cruzadas, bajo el método de variables *dummy* y de mínimos cuadrados generalizados factibles, respectivamente. En ambas ecuaciones se agregó la variable dependiente rezagada un periodo al esperarse que el patentamiento del año anterior influya sobre el patentamiento contemporáneo tal como predice la teoría evolucionista de la innovación así como los resultados del primer modelo.

En ambas estimaciones se resuelve el problema de la autocorrelación y además resalta una mejora en el coeficiente de determinación, al pasar de un R^2 de 0.72 bajo el modelo combinado a 0.98 bajo efectos aleatorios y 0.99 por efectos fijos. Resalta que al considerar la heterogeneidad no observable tanto fija como aleatoria, los coeficientes de la aglomeración urbana, el GPES y la concentración industrial de baja tecnología fueron no significativos, siendo el nivel de escolaridad promedio y la especialización en alta tecnología las variables relevantes para explicar la innovación regional. Además, el mejor ajuste lo tiene efectos fijos con un 99 por ciento de explicación de la

variabilidad del patentamiento por parte de sus factores, frente a un 74 por ciento de la técnica de regresión agrupada.

Aunque hay que admitir que estos resultados no están del todo libres de problemas estadísticos, ya que los elevados valores de R^2 , junto a coeficientes estimados no significativos, parecen sugerir que puede haber problemas de colinealidad entre las variables explicativas. Este es un problema natural debido a que se incluyen variables en el modelo que pueden estar muy relacionadas. Por ello es que se sugiere ensayar por medio de técnicas de estimación dinámica, ya que puede dar mejores resultados en este contexto.

Tabla 3. Estimaciones de panel de datos sobre la actividad innovadora.

Variable	Métodos							
	Pooled		Efectos fijos		Efectos aleatorios		Dinámico	
	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar
Constante	-11.808*	0.381	-2.032*	0.380	-0.165	0.155		
LOG(PAT-1)			0.782*	0.020	0.938*	0.010	0.798*	0.015
LOG(DEN)	0.21*	0.025	0.03	0.102	0.004	0.007	0.136*	0.058
LOG(LQB)	-0.042	0.036	-0.018	0.064	-0.018*	0.009	-0.117*	0.031
LOG(LQA)	0.215*	0.022	0.101*	0.041	0.021*	0.006	0.112*	0.017
LOG(ESC)	5.193*	0.201	1.082*	0.178	0.146*	0.073	0.76*	0.115
LOG(UNI)	0.496*	0.056	0.012	0.032	0.008	0.015	0.04*	0.015
Estadísticos								
R ²	0.74		0.99		0.98			
Durbin-Watson	0.171		1.831		1.77			
J-Statistic							216.163	
Rango instrumental							238	
P-Value							0.765	
Observaciones	588		557		557		526	

Fuente: elaboración propia. Nota: (*) son los coeficientes significativos al menos al 5%.

Para elegir entre las técnicas de efectos fijos y aleatorios se realizó el contraste de Hausman. Los resultados con esta prueba se reportan en la Tabla 4. Se puede observar que se obtienen valores de $\chi^2_{calculada} > \chi^2_{tabulada}$ por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) de que los coeficientes asociados a efectos aleatorios son consistentes y asintóticamente normales y eficientes, es decir, parece que el mejor criterio es efectos fijos. Aunque, como ya sabemos, ambos métodos parecen tener problemas de colinealidad, lo que

podría ser superado si se adopta el método de estimación por paneles dinámicos.

Tabla 4. Resultados con la prueba de Hausman.

Pruebas		Chi-cuadrada estadística	Chi-cuadrada tabulada	Probabilidad
Efectos aleatorios		99.803	6	0
Comparación				
Variable	Fixed	Random	Var(Diff.)	Prob.
LOG(PAT(-1))	0.782	0.938	0.000	0.000
LOG(DEN)	0.030	0.004	0.010	0.800
LOG(LQB)	-0.018	-0.018	0.004	0.996
LOG(LQA)	0.101	0.021	0.002	0.048
LOG(ESC)	1.082	0.146	0.026	0.000
LOG(UNI)	0.012	0.008	0.001	0.881

Fuente: elaboración propia.

Al reconocer la existencia de heterogeneidad no observable y que además ésta es fija entre los datos transversales, también se llevó a cabo una prueba de razón de verosimilitud para probar la redundancia de los efectos fijos con respecto a la estimación de datos agrupados. En la Tabla 5 se observa un valor bajo del estadístico F e igual a 4.637 así como un alto χ^2 estadístico de 132.053, por lo que se rechaza la H_0 de que la varianza es igual entre los individuos y se concluye que efectos fijos es más eficiente. Este resultado es de utilidad para los siguientes apartados del capítulo en donde se analiza el patentamiento en regiones específicas mediante técnicas de panel de datos con efectos fijos.

Tabla 5. Test de razón de verosimilitud

Prueba de efectos fijos	Estadísticos	Grados de libertad	Probabilidad
Cross-section F	4.637	30,520	0.00
Cross-section Chi	132.053	30	0.00

Fuente: elaboración propia

Dentro del análisis global de la actividad innovadora en las entidades federativas del país se procedió a estimar el modelo de panel de datos dinámico para verificar su consistencia frente a los modelos anteriores. Para llevar a cabo la regresión se utilizó el método MMG. Arellano y Bond (2008) recomiendan hacer una transformación de la matriz de varianzas-covarianzas a través de la proyección ortogonal de ciertas variables instrumentales (VI), tal y como se explicó en el capítulo anterior.

Se sugiere utilizar el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) para la transformación, así como el uso de VI que sean la misma variable endógena o las variables explicativas rezagadas por los periodos convenientes. En este caso se utilizaron todas las variables del modelo empírico rezagadas en dos periodos como los instrumentos, pero el método de White para la transformación de la matriz de varianzas-covarianzas, esto debido a la mejor consistencia de los resultados pero también al suponer que los errores tienen una estructura de correlación de series de tiempo que varía por individuo.

Los resultados se pueden ver en las últimas columnas de la Tabla 3. Se considera que este método es más fino en captar la relación entre las variables, ya que todas las variables exhiben valores estadísticamente significativos al uno por ciento de significancia y al dos por ciento en el caso de la aglomeración. Las VI utilizadas son válidas y el valor del estadístico J igual a 216.163 sugiere que no se rechaza la H_0 acerca de las restricciones de sobreidentificación ya que también el *p-value* es de 0.765, lo que significa que el método de MMG provee de una mejor representación de la relación existente entre las variables. La transformación de White recoge los efectos fijos de la heterogeneidad entre los individuos.

Como se mencionó anteriormente, en todos los modelos se utilizaron formas funcionales de tipo log-log esto como simple estrategia de transformación matemática para reducir la dispersión original de las series. Así, una interpretación adecuada es que en el conjunto de entidades federativas de México por cada uno por ciento de aumento que exhibió el nivel de patentamiento del periodo previo se tiene un aumento, promedio, del 0.79 por ciento en el patentamiento del periodo actual. Este resultado es congruente con

la idea de que las actividades de innovación tienden a autorreforzarse, es decir, se crean sinergias positivas que inducen a seguir innovando.

Los resultados también indican que, cuando el gasto en educación superior aumenta en uno por ciento por estudiante el patentamiento aumenta en 0.04 por ciento. Este coeficiente resultó ser el más bajo y se puede deber a que los subsidios a universidades públicas no necesariamente se destinan directamente al aumento del capital humano o a la I+D académicas. El signo positivo es como se esperaba, pero no su magnitud, lo que sugiere que una mejora en la eficiencia del gasto de estas entidades de educación pudiera incrementar el valor de su impacto sobre la innovación tecnológica medida por las patentes, tal y como lo encuentran Jaffe (1989), Griliches (1991) y Anselin (1997) para el caso de las MSA estadounidenses.

Los años de escolaridad promedio como parte del factor de capital humano fueron altamente significativos en la explicación de la innovación de los estados mexicanos. El signo esperado indica que incrementar en uno por ciento la media de los años de estudio aumenta la creación de patentes en un 0.76 por ciento. En cuanto a las fuerzas de aglomeración, bajo el modelo dinámico, indican que el incremento en uno por ciento de la densidad de población impacta en un 0.13 por ciento sobre el patentamiento actual. Estos resultados van acorde a lo encontrado por Cabrer-Borrás y Serrano-Domingo (2007) para el caso de las regiones españolas.

En cuanto a la estructura económica como factor para incrementar la innovación se tiene que tanto el índice de localización industrial de alta y baja tecnología fueron significativos. La dirección del impacto resultó como se esperaba y se tiene que a medida que una entidad federativa se especializa en actividades manufactureras como la petroquímica, extracción de minerales, la metalmecánica y la maquinaria y equipo, la generación de patentes aumenta en 0.11 por ciento. En cambio, si se concentran las actividades de baja tecnología como alimentos, textiles e industrias del papel y la madera, entonces su patentamiento se reducirá en 0.12 por ciento. Este resultado apunta a que, para el caso de las entidades del país, es la especialización y no la diversificación económica la que impulsa la innovación tecnológica, contrario a los resultados de Feldman y Audretsch (1999) y Carlino *et al.* (2007) donde son la diversificación y la competencia económicas las que promueven el

patentamiento de las regiones norteamericanas. Además, el signo negativo de las actividades de baja tecnología indica que éstas no promueven la innovación y que en la medida que una región se especializa en este tipo de actividades reduce los esfuerzos por innovar.

En general, el estudio permite sugerir que las variables propuestas para analizar algunos de los principales factores de la innovación regional en México están en línea con las sugerencias teóricas de que son variables que impulsan la actividad de patentamiento en un nivel agregado. Se comprueba la hipótesis de que la actividad innovadora de los estados mexicanos, medida a través de la acumulación de patentes, se encuentra determinada por las fuerzas de aglomeración, el capital humano y una estructura económica concentrada en la industria de alta tecnología. Los resultados bajo el modelo dinámico concuerdan con los principales postulados de la teoría evolucionista y de la teoría endógena del crecimiento en cuanto al proceso acumulativo de la innovación así como de sus efectos de derrame debidos a la aglomeración.

La evidencia empírica sobre los elementos causantes de una mayor actividad innovadora se diferencian en las técnicas de estudio utilizadas, la magnitud del impacto de los factores del patentamiento y en algunos casos en la dirección del efecto de las variables explicativas, es por ello que estudios como el presente, que poco se han realizado para México, adquieren relevancia pues modelos más específicos pueden vislumbrar las características propias de la generación de conocimientos en una determinada región.

4.3 Geografía de los determinantes de la actividad innovadora.

En el apartado anterior se encontraron resultados acorde a la teoría y evidencia empírica internacional, sin embargo, un análisis delimitado por otras características puede ayudar a una mejor comprensión de las diferencias regionales que existen en México para aumentar la generación de nuevos conocimientos con valor económico.

Dado lo anterior, se llevaron a cabo nuevas regresiones con el objeto de distinguir los determinantes de la innovación tecnológica en tres regiones socioeconómicas del país, ya definidos en el capítulo anterior. En la especificación econométrica se hizo uso de variables *dummy* para diferenciar

las regiones, basándose en dos modelos teóricos de panel de datos, la regresión agrupada y con efectos fijos de heterogeneidad no observable. Se aplicaron los mismos métodos utilizados en el estudio global.

Por un lado, se tiene que dejar claro que aunque el modelo de panel de datos dinámico resulta ser el más eficiente, para el caso de los modelos con variables binarias se produce un inconveniente en el método. Según la teoría de panel de datos cuando se usan logaritmos y rezagos de la dependiente como explicativas, en la suma total de las variables dicotómicas, sus valores no son estadísticamente suficientes si otras variables explicativas están presentes en el modelo. Además, el método MMG para modelos dinámicos recoge los efectos fijos entre los individuos pues el utilizar como instrumentos a los rezagos de las variables exógenas es en sí misma una forma de transformación estática del modelo (László y Sevestre, 2008: 238-241).

Para evaluar la hipótesis del patentamiento en función de criterios geográficos se construyen tres *dummies* regionales: Norte, Centro y Sur-Golfo. Para evitar el problema de colinealidad perfecta, la región Sur-Golfo se consideró como categoría base u omitida. El resto de variables queda igual que antes. Así, los coeficientes estimados de las variables *dummy* podrán ser interpretados como diferenciales respecto al intercepto o categoría base.

Entendido lo anterior, en la Tabla 6 se tienen los resultados arrojados por las regresiones econométricas. Primero se observa que en ambos métodos las fuerzas de aglomeración y el coeficiente de localización industrial de baja tecnología fueron no significativos para explicar el patentamiento global de los estados mexicanos, siendo los factores del capital humano y la especialización en actividades de alta tecnología las relevantes para determinar el nivel de innovación regional.

Las pruebas para elegir entre el modelo combinado y el de efectos fijos resultaron ser no concluyentes, porque al introducir *dummies* tales pruebas ya no son eficientes, pero el análisis global sugiere escoger el método de efectos fijos como una buena alternativa para comprender la innovación regional en México. El ajuste en cada uno de los modelos es casi igual con un 76 y 77 por ciento, respectivamente, para la explicación de la variabilidad del patentamiento por parte de las variables exógenas. En ambos casos el valor estadístico de la

prueba F permite rechazar la hipótesis conjunta de que los coeficientes asociados a las variables explicativas pueden ser iguales a cero.

Tabla 6. Estimaciones de panel de datos en regiones socioeconómicas.

Variable	Métodos			
	Pooled regiones socioeconómicas		Efectos fijos regiones socioeconómicas	
	Coeficiente	Error estándar	Coeficiente	Error estándar
Constante	-11.657*	0.384	-11.346*	0.516
LOG(DEN)	-0.036	0.042	-0.04	0.042
LOG(LQB)	-0.029	0.038	-0.037	0.039
LOG(LQA)	0.267*	0.023	0.263*	0.023
LOG(ESC)	5.696*	0.223	5.596*	0.268
LOG(UNI)	0.447*	0.055	0.399*	0.065
dn	-0.399*	0.090	-0.362*	0.098
dc	0.277*	0.076	0.315*	0.084
Estadísticos				
R²	0.76		0.77	
F-estadística	267.429		74.610	
Observaciones	588		588	

Fuente: elaboración propia. Nota: (*) son los coeficientes significativos al menos al 5%.

Por lo anterior, se procede al análisis de resultados bajo el modelo de efectos fijos que resulta ser el más conveniente en términos teóricos, pues se supone que la heterogeneidad no observable entre los individuos es constante y se encuentra relacionada con las variables explicativas.

Ambas variables *dummy* fueron significativas, lo que sugiere la existencia de diferencias regionales en la actividad innovadora. En general, a medida que la economía se especializa en actividades de alta tecnología la creación de nuevas patentes aumenta en 0.26 por ciento, además, por cada punto porcentual extra invertido en educación superior por estudiante la innovación se incrementa en 0.4 por ciento.

Un resultado sorprendente fue el de la escolaridad promedio, hasta ahora y bajo todos los métodos de análisis las elasticidades obtenidas por las regresiones econométricas sólo permitían hablar de factores de la innovación con rendimientos decrecientes, sin embargo, al diferenciar entre regiones socioeconómicas el nivel educativo resultó ser creciente a una tasa del 5.59 por

ciento por cada aumento del uno por ciento en el nivel medio de estudios de la población. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que elevar la escolaridad en tan solo ese porcentaje sólo se logra en el mediano y largo plazos.

En cuanto a los parámetros de las variables binarias también se encontraron resultados no esperados. Por un lado se tiene que las entidades federativas que agrupan la Región Centro son las que cuentan con una mayor actividad innovadora. Dados los valores iguales en los recursos de innovación para todas las regiones, los estados del Centro crean un 37.02 por ciento más patentes que la Región Sur-Golfo, o bien, en esa misma proporción es que los estados del Sur y Golfo del país innovan menos en comparación a los estados del Centro y Occidente de México.

Lo sorprendente fue que los estados del Norte del país resultaron ser los que menos innovaron entre 1994 y 2012. En efecto, su generación de patentes por cada 100,000 habitantes fue un 30.37 por ciento menor que los estados de la Región Sur-Golfo y un 67.39 por ciento menor que la de la Región Centro. Este resultado no se esperaba pues de hecho durante el periodo de estudio es que trabajos como Celaya y Díaz (2002) y Chiquiar (2005) muestran que la economía mexicana ha sufrido una relocalización espacial de la producción hacia su frontera norte.

Además, los estados del norte del país han mostrado mejores indicadores de crecimiento y desarrollo por lo que una menor capacidad de innovación es sorpresiva y sugiere que el proceso de innovación regional en estas entidades puede no ser necesariamente explicado por las dotaciones de recursos de innovación con que cuenta, sino que esta región en específico se puede encontrar en lo que la teoría evolucionista llama fase de aprendizaje tecnológico, pudiendo ser generada por la apertura comercial de las últimas décadas en el país y su impacto directo en la frontera norte de México. Si esto es así, serían los conocimientos importados del resto del mundo, sobre todo por parte de las empresas extranjeras, las que podrían estar impactando la innovación de esta región, sugiriendo además una posible dependencia tecnológica.

El resultado anterior vislumbra la complejidad que tiene la comprensión de la innovación tecnológica, sobre todo en las economías globalizadas, donde de acuerdo a Audretsch y Feldman (2004), Bonanno (2008) y Shearmur (2012)

la región y el territorio han adquirido cada vez mayor necesidad de análisis para entender su dinámica de crecimiento y por tanto de generación de nuevos conocimientos.

En la Tabla 7 se muestran los resultados del modelo empírico usado para identificar los efectos de interacción entre las variables explicativas y las regiones socioeconómicas estudiadas. En un principio se tenían todos los impactos multiplicativos entre las variables, sin embargo, en la simulación se decidió considerar solamente aquellos de mayor significancia estadística para mejorar las estimaciones. Se cuenta con una R^2 de 96 por ciento como ajuste y el valor de $F = 269.05$ permite rechazar la H_0 de que los coeficientes tienen alta probabilidad de ser iguales a cero.

Tabla 7. Efectos de interacción en regiones socioeconómicas

Variable	Modelo de interacciones con efectos fijos en regiones	
	Coefficiente	Error estándar
C	-12.662*	0.677
LOG(DEN)	0.214	0.212
LOG(LQB)	0.512*	0.154
LOG(LQA)	0.315*	0.090
LOG(ESC)	6.674*	0.414
LOG(UNI)	0.42*	0.071
DN*DEN	-0.017*	0.009
DSG*DEN	0.048*	0.010
DN*LQB	-0.884*	0.243
DN*LQA	-0.445*	0.177
DN*ESC	-0.205*	0.071
DC*ESC	-0.252*	0.059
DSG*ESC	-0.319*	0.074
DN*UNI	0.033*	0.010
DSG*UNI	-0.014*	0.008
Estadísticos		
R²	0.96	
F-estadística	269.055	
Observaciones	588	

Fuente: elaboración propia. Nota: (*) son los coeficientes significativos al menos al 5%.

Se tiene que de las variables explicativas solo la densidad de población fue no significativa. En cuanto al factor estructura económica se tiene que ambos índices de localización industrial tienen un impacto positivo sobre el patentamiento regional, de hecho sorprende que la concentración en actividades industriales de baja tecnología tiene un efecto mayor al aumentar un 0.51 por ciento el nivel de patentamiento por cada punto porcentual en que crece la especialización en estas industrias, cuando el efecto de las actividades manufactureras de alta tecnología solo aumenta en 0.3 por ciento. Este resultado simplemente sugiere que entre las regiones existe diferente capacidad de utilización de los recursos para la innovación.

En este modelo, de nuevo la escolaridad promedio resultó ser de rendimientos crecientes pues incrementar en uno por ciento el nivel medio de educación aumenta en 6.67 por ciento la generación de nuevos conocimientos. Por su parte el subsidio en educación superior por estudiante aumenta en un 0.42 por ciento la creación de patentes por cada punto porcentual en que se ve incrementado. El bajo valor estimado del coeficiente podría sugerir cierta homogeneidad regional en la distribución de los recursos públicos en este rubro.

Para el caso de la región Sur-Golfo se tiene que su actividad innovadora se haya fuertemente explicada y de forma específica por las fuerzas de aglomeración en un 0.04 por ciento, contrario a lo que sucede en las otras regiones con respecto a esta variable. Por otro lado, las estimaciones sugieren que en esta esta región el factor capital humano se relaciona de manera negativa con el nivel de patentamiento. En ese sentido, un mayor nivel de escolaridad promedio o gasto en educación superior parecen reducir la generación de conocimiento. Esto no implica que sea de esta manera, la interpretación correcta podría ir en el camino de la calidad en educación y que por tanto esta región no puede aprovechar más eficientemente este insumo en la creación de patentes. Lo cual tiene importantes implicaciones de política.

Por su parte, la región Centro parece estar más avocada a las actividades industriales de alta y baja tecnología para explicar su nivel de patentamiento. Para estos estados los resultados indican que las fuerzas de aglomeración no son tan relevantes en sus procesos de innovación. De los efectos de interacción resalta la relación negativa que guarda con el nivel de

escolaridad en un 0.25 por ciento. Nuevamente la interpretación va encaminada a que si bien el gasto en universidades públicas impacta sobre la generación de patentes, la educación promedio de la población parece ser poco relevante. Es aquí que se justifica la búsqueda de otras variables y factores más específicos del contexto económico de la región para vislumbrar su impacto en el patentamiento, pudiendo ser la experiencia laboral y la cantidad de trabajadores en los sectores industriales de alta y baja tecnología los que en verdad potencialicen su capacidad de innovación.

Como resultado más importante se tienen los efectos de interacción entre la región Norte y las variables explicativas. Cabe señalar que todos los impactos multiplicativos fueron significativos para esta región, sin embargo, sólo el subsidio por estudiante en educación superior fue positivo aunque no de la magnitud esperada, el aumento del gasto gubernamental en 1 por ciento en este rubro afecta simplemente en un 0.03 por ciento a la innovación regional. En cambio la relación que guardan los estados de la región Norte con la densidad de población, la concentración manufacturera de alta y baja tecnología, así como con la escolaridad media, es negativa. Lo anterior refuerza los hallazgos en el análisis general, donde se tiene que para el caso específico del norte mexicano su actividad en innovación parece no obedecer a factores autóctonos sino a otros que este trabajo sugiere, se relacionan a la apertura comercial.

Con el análisis anterior y las estimaciones que se obtuvieron se pudo comprobar la hipótesis de que entre las regiones socioeconómicas del país, integradas por estados con características similares, la actividad innovadora es diferente, mayor en unas regiones y menor en otras, pero también que los determinantes de la innovación cambian de acuerdo a su propia dinámica productiva. La relación que guarda la generación de conocimientos con las variables propuestas es diferente entre regiones y en algunos casos parecieran ser poco relevantes.

Más estudios con propias delimitaciones empíricas pueden mejorar la comprensión de la geografía de la innovación en México, encaminados a conocer sus determinantes más relevantes así como sus características. Este trabajo propone una diferenciación basada en los niveles de producción per

cápita para conocer cómo es que los estados ricos y pobres utilizan sus factores productivos de conocimiento.

4.4 Factores que impulsan la innovación entre estados ricos y pobres.

Para comprobar la tercera hipótesis propuesta en el trabajo se lleva a cabo el análisis de regresión de panel de datos con los modelos y métodos utilizados con anterioridad. La distinción que se hace ahora es entre estados que se catalogan como ricos o pobres de acuerdo al PIB per cápita con que contaban en 1994. De esta manera se pretende saber cómo un grupo y otro utilizan sus recursos en la actividad innovadora.

Se llevaron a cabo las regresiones agrupadas y de efectos fijos siendo ambos estadísticamente significativos y dejando que la constante recogiera el efecto del grupo de estados pobres. El primer modelo de panel de datos generó una bondad de ajuste de 74 por ciento entre la dependiente y sus explicativas mientras que el segundo modelo asocia la variabilidad entre una y otras al 75 por ciento. De la misma forma que en el análisis geográfico de la innovación los contrastes para seleccionar entre un método y otro ya no son eficientes y se selecciona efectos fijos por ser mejor en términos de la teoría de la innovación regional.

Cabe señalar que en ambos métodos la única variable no significativa individualmente fue el índice de localización industrial de baja tecnología. Se tiene que, en general, tanto en estados ricos como pobres la densidad urbana, las actividades manufactureras de alta tecnología, la escolaridad media y el subsidio por estudiante en universidades públicas se relacionan positivamente con la generación de patentes. La Tabla 8 muestra las estimaciones.

Dado el aumento en un punto porcentual en cada una de las variables que conforman los factores de la innovación, el nivel de patentamiento se ve incrementado en 0.23 por ciento debido a las fuerzas de aglomeración, en 0.19 por ciento dada la localización industrial de alta tecnología y en 0.43 por ciento por el gasto en educación superior. Aquí resaltan de nuevo los rendimientos

crecientes de los años de escolaridad promedio, pues su impacto es de 4.4 por ciento sobre la innovación tecnológica.

En cuanto al coeficiente asociado a la variables dicotómicas se tiene que la actividad en innovación de las entidades consideradas como pobres se haya recogida por el intercepto. Aplicando el antilogaritmo al coeficiente de la variable *dummy*, para una correcta interpretación en términos de elasticidad, se encuentra que el grupo de estados ricos genera un 31.64 por ciento más conocimientos patentados que los pobres.

Tabla 8. Estimaciones de panel de datos en estados ricos y pobres.

Variable	Métodos			
	Pooled ricos/pobres		Efectos fijos ricos/pobres	
	Coeficiente	Error estándar	Coeficiente	Error estándar
Constante	-11.334*	0.425	-10.269*	0.600
LOG(DEN)	0.234*	0.027	0.234*	0.027
LOG(LQB)	0.004	0.041	0.034	0.043
LOG(LQA)	0.201*	0.023	0.192*	0.023
LOG(ESC)	4.861*	0.241	4.403*	0.308
LOG(UNI)	0.505*	0.056	0.432*	0.065
<i>dr</i>	0.171*	0.069	0.275*	0.081
Estadísticos				
R ²	0.74		0.75	
F-estadística	282.217		71.054	
Observaciones	588		588	

Fuente: elaboración propia. Nota: (*) son los coeficientes significativos al menos al 5%.

Este hallazgo resulta tal y como se esperaba e indica que aquellas regiones con mayor producto per cápita aprovechan mejor sus recursos ide innovación. Considerando que la tasa media de crecimiento interanual (TMCI) de los estados ricos fue de 1.15 por ciento y que la de los pobres fue de 0.95 por ciento, se podrían relacionar los resultados con trabajos como el de Guzmán *et al.* (2012) donde, aunque no de manera causal, detecta un círculo virtuoso entre la generación de conocimientos y el aumento del producto en una economía. Ese estudio también sugiere que un bajo crecimiento a su vez implica una baja actividad innovadora. Por lo tanto, más trabajos al respecto se pueden encaminar a conocer la relación específica que guardan ambas

variables en determinadas regiones, pues la causalidad no tiene que ser necesariamente en una dirección.

Al analizar los efectos de interacción, en la Tabla 9 se puede dar una primera aproximación a los factores que impulsan el patentamiento entre uno y otro grupo de estados. El modelo se estima bajo el método de efectos fijos obteniéndose una $R^2 = 0.96$ lo cual indica un excelente nivel de ajuste. El estadístico $F = 330.26$ permite rechazar la hipótesis conjunta sobre la no significancia de las variables.

Tabla 9. Efectos de interacción entre estados ricos y pobres.

Variable	Modelo de interacciones con efectos fijos entre pobres y ricos	
	Coefficiente	Error estándar
C	-24.975*	1.612
LOG(DEN)	0.583*	0.210
LOG(LQB)	0.286	0.192
LOG(LQA)	0.456*	0.089
LOG(ESC)	17.823*	1.363
LOG(UNI)	0.615*	0.059
DR*DEN	-0.008*	0.002
DR*LQB	-1.252*	0.307
DP*LQB	-0.455*	0.204
DP*LQA	-0.502*	0.115
DR*ESC	-1.521*	0.175
DP*ESC	-1.766*	0.201
DP*UNI	-0.027*	0.005
Estadísticos		
R²	0.96	
F-estadística	330.266	
Observaciones	588	

Fuente: elaboración propia. Nota: (*) son los coeficientes significativos al menos al 5%.

De nuevo la única variable no significativa es el índice de concentración industrial de baja tecnología. Se obtiene que por cada 1 por ciento que aumente la densidad de población las patentes se verán incrementadas en 0.58 por ciento y una mayor especialización en las actividades secundarias de

alta tecnología aumentan la innovación en 0.45 por ciento. En cuanto a los factores del capital humano ambos resultan positivos. Aumentar el gasto en universidades públicas en un punto porcentual genera más patentes en 0.61 por ciento, por su parte, la escolaridad media tiene de nuevo rendimientos crecientes con un impacto aún mayor que en modelos anteriores siendo de 17.82 por ciento sobre la actividad innovadora.

Al analizar los efectos multiplicativos se encuentra que los estados pobres guardan una relación negativa con todas las variables salvo con la densidad de población. Esto no implica necesariamente que la innovación se reduzca por dichos factores sino más bien que, las entidades con menor producción y por tanto de menor crecimiento, no aprovechan con la misma eficiencia los insumos con que cuentan para la creación de patentes. Las políticas en innovación para estas entidades deben enfocarse más a la difusión de conocimientos dada la importancia de las fuerzas de aglomeración, pero también a una mejora en la calidad y no sólo en la cantidad de los otros factores.

En cuanto a los estados más ricos, la densidad urbana, la concentración manufacturera de baja tecnología y los niveles de escolaridad resultan ser los menos importantes para explicar sus actividades de innovación. Los resultados sugieren que es una estructura económica especializada en la petroquímica, la metalmecánica y la maquinaria y equipo la que impulsa el nivel de patentamiento en estados con mayor PIB per cápita. De la misma forma los subsidios por estudiante en educación superior forman parte del insumo en capital humano que mejora la creación de nuevos conocimientos.

Por último, algo que toma importancia es lo relacionado a los años de escolaridad promedio de la población. Prácticamente en todos los modelos y métodos utilizados resulta ser de las variables más significativas, junto con la manufactura de alta tecnología. Sin embargo, al realizar el análisis específico sobre las causas de los diferentes niveles de innovación, la educación parece ser poco relevante. Lo que este trabajo interpreta es que, de manera general, el coeficiente de inventiva se ve incrementado por mejoras en la cantidad de educación, pero que sus especificaciones regionales en la calidad de la misma, así como su utilización en el proceso de producción de conocimientos, son los que no se han potencializado en México.

Los hallazgos anteriores permiten comprobar la hipótesis de que las regiones más ricas tienen una mayor actividad innovadora y que además aprovechan de mejor manera aquellos elementos con los que cuentan para la generación de conocimientos. Por otro lado, se comprueba que las regiones pobres innovan menos y son menos eficientes en la producción de nuevas patentes.

4.5 Comentarios finales.

En este capítulo se presentaron los resultados para conocer el impacto de algunos de los principales factores que pueden determinar el nivel de innovación en las distintas regiones de México. En una primera aproximación de la estadística descriptiva se encontró correlación positiva entre las variables explicativas y la acumulación de patentes, lo que conformó una base para el análisis econométrico. Además, los valores medios, las desviaciones estándar y los rangos de las variables vislumbraron el fenómeno de la heterogeneidad entre las entidades federativas por lo que un estudio más específico sobre las causas del patentamiento también tomó relevancia.

Bajo el análisis global de la innovación regional en México se demostró que los modelos teóricos de panel de datos con efectos fijos de heterogeneidad no observable, así como el de efectos dinámicos, parecen representar de mejor manera la relación entre patentes con las fuerzas de aglomeración, capital humano y la estructura económica especializada en actividades industriales.

En general, se encontró que la magnitud de gasto por alumno en educación superior tuvo la dirección esperada más no la magnitud, lo que se relaciona con la eficiencia en el uso de los recursos dirigidos a las universidades públicas. La concentración en manufactura de alta tecnología aumenta la posibilidad de crear nuevos conocimientos, en cambio la de baja tecnología la reduce. El nivel educativo también impulsa la innovación regional del país. Se considera que existen efectos de derrame de conocimiento del tipo MAR.

En cuanto a la geografía de la innovación en México se obtuvieron resultados no esperados. Separando a los estados en tres regiones socioeconómicas se halló que la educación tiene rendimientos crecientes sobre

el patentamiento. La región Centro resultó ser la que más innova, siguiéndole la región Sur-Golfo. La región Norte fue la que menos innovación tiene. Bajo el análisis de los efectos de interacción se tiene que los estados del norte de México se encuentran más bien en un proceso de aprendizaje tecnológico y que su innovación depende de factores externos a la dinámica del país. Los estados de la región Sur-Golfo parecen aprovechar más las fuerzas de aglomeración y su estructura económica para innovar. Las entidades del Centro son más eficientes en el uso del capital humano así como en las actividades industriales de alta tecnología.

Por último, la diferenciación entre estados ricos y pobres permitió encontrar que aquellos estados con mayor PIB per cápita al inicio del periodo de estudio generan una mayor cantidad de patentes por cada 100 mil habitantes que el resto de las entidades federativas. En ambos casos los resultados sugieren que las actividades industriales de baja tecnología no influyen en la innovación. El capital humano parece ser de mayor provecho en estados ricos, mientras que las fuerzas de aglomeración influyen más en la actividad innovadora de los estados pobres.

A pesar de que se comprobaron las hipótesis planteadas al inicio de la investigación y que algunos hallazgos no se esperaban, los resultados en cada uno de los análisis no pueden ser concluyentes. Al parecer los determinantes regionales de la innovación son más específicos de lo que se cree y continuar con este tipo de estudios ayudaría a su mejor comprensión.

Conclusiones generales.

La presente investigación ha considerado que el proceso de globalización, tanto en economías avanzadas como emergentes se caracteriza por dos aspectos:

- 1) Las transformaciones tecnológicas que sustentan la nueva dinámica de crecimiento y desarrollo económicos.
- 2) La región como unidad de estudio relevante, pues es ahí donde en última instancia surgen los procesos de producción de nuevos conocimientos.

Al ser aceptado el vínculo existente entre los cambios tecnológicos y las relaciones económicas, el estudio planteó que la divergencia y heterogeneidad existentes entre las regiones de México se basa en sus distintas capacidades para generar las innovaciones necesarias que impulsen su crecimiento. El problema consistió en caracterizar la actividad innovadora de los estados mexicanos, conocer sus diferencias y esclarecer sus posibles determinantes.

Se planteó la idea de estudiar algunos de los principales factores que permiten innovar a las regiones del país durante el periodo de 1994-2012, que resulta relevante pues inicia con la consolidación de la apertura comercial en México y que se caracteriza por la descentralización de las actividades económicas así como por el surgimiento de economías regionales encausadas en contextos socioeconómicos específicos.

Los antecedentes teóricos inmediatos se encuentran en la teoría neoclásica del crecimiento, los modelos de crecimiento endógeno y la teoría evolucionista de la innovación. La primera corriente toma importancia al evidenciar que es el cambio técnico el que mayormente explica el aumento de la producción, sin embargo, al considerarlo como un elemento exógeno en el cual los agentes económicos no pueden influir, se queda limitado.

Surgen entonces los modelos endógenos que, flexibilizando los principales supuestos neoclásicos, consideran que es posible impulsar el cambio tecnológico a través de las innovaciones, pues estas últimas mejoran la productividad total de los factores. Plantean que son las estructuras de

mercado no competitivas, la inversión en capital humano y la apertura comercial los principales determinantes de la generación de conocimientos.

Por su parte, la corriente de neoschumpeterianos es la que ha realizado mayores aportaciones teóricas para la comprensión de las transformaciones tecnológicas y su influencia sobre el proceso de producción. Al considerar a las innovaciones como bienes apropiables, con capacidad de ser difundidos y de carácter endógeno en los sistemas económicos, parece ser la de mejor sustento para este tipo de estudios.

Son las limitaciones en la información disponible sobre las variables de innovación tecnológica, más acentuadas a nivel regional, las que impiden estudios empíricos concluyentes sobre su origen y consecuencias. Es por ello que el trabajo cae en un eclecticismo entre la teoría endógena del crecimiento y la teoría evolucionista de la innovación al formalizar el análisis sobre los determinantes de la innovación regional en México.

En lo que respecta a los antecedentes empíricos se distingue entre la evidencia a nivel internacional y los estudios hechos para el país. En los primeros se diferencian dos corrientes de estudio: 1) los que han determinado que las actividades de I+D no impactan directamente sobre el producto aunque sí tienen efectos de derrame que atraen a las inversiones y son éstas las que encausan a las regiones a crecer; y 2) los que plantean que la inversión en I+D, la mejora del capital humano y las economías aglomeración incrementan los niveles de patentamiento de una región.

Para el caso de México se distinguen tres tipos de estudio: 1) los realizados a nivel sectorial y enfocados a distinguir las brechas tecnológicas entre industrias, basados en encuestas e información sobre patentes; 2) los modelos de convergencia que han detectado la influencia de las innovaciones sobre las distintas tasas de crecimiento de las regiones; y 3) los que a través de funciones de producción del conocimiento han encontrado diferencias geográficas y regionales en las actividades de innovación.

Este trabajo siguió la línea que se enmarca en conocer los determinantes de la innovación regional y en verificar las diferentes formas en que los factores productivos de conocimientos son aprovechados. Considerándose, en base a la información disponible, que la densidad de población, el nivel de escolaridad, el subsidio por estudiante en educación

superior y la concentración industrial de alta tecnología impactan positivamente, aunque de manera distinta entre las regiones, las capacidades de innovación tecnológica.

Haciendo uso de las técnicas econométricas disponibles para el análisis de datos de panel se comprobó que son los modelos dinámicos y los de efectos fijos de heterogeneidad no observable entre los individuos los que mejor muestran la relación existente entre las variables explicativas y la innovación. Sentando evidencia de que la generación de conocimientos previos influye sobre la actividad contemporánea en innovación, además, se comprueba que efectivamente existen diferencias regionales en este aspecto.

El análisis global de la innovación regional en México confirma que la especialización en industrias de alta tecnología, las fuerzas de aglomeración y la mejora del capital humano incrementan la generación de patentes. El gasto en universidades públicas impactó menos de lo esperado y la localización industrial de baja tecnología influye negativamente. Por lo tanto, se recomienda que, en general, las políticas federales en innovación deban seguir impulsando la inversión en educación superior y atraer inversiones enfocadas a los sectores petroquímicos, en la fabricación de productos metálicos y de maquinaria y equipo así como de computación y comunicación.

El resultado obtenido de que las actividades de baja tecnología no están influyendo en la innovación, puede erróneamente determinar que este tipo de actividades “no innovan”, sin embargo, lo que en realidad pudiera estar sucediendo es que, dado que son actividades con poco valor agregado, no tienen incentivos a registrar como patentes los productos e ideas originales que surgen en estos sectores. Es probable que existan innovaciones importantes también en esos sectores. De aquí que una acción de política recomendable es que las instancias correspondientes (gobierno, IMPI, etc.) incentiven y faciliten los trámites de patentamiento para los agentes y sectores más pequeños, es decir, que no sean exclusividad de las grandes empresas.

A nivel de regiones socioeconómicas se encontró que la que los estados del Centro y occidente del país generan mayor número de patentes, seguidos por los estados del Sur y Golfo. La región Centro innova 37.02 por ciento más que la Sur-Golfo y 67.39 por ciento más que la Norte. El resultado más

relevante fue que los estados del norte del país innovan 30.37 por ciento menos que los del sur, siendo de hecho la región con menor actividad.

Al considerar los efectos de interacción en efecto se comprueba que la región Norte se encuentra más bien en un proceso de aprendizaje tecnológico provocado por la apertura comercial y considerando que la relocalización de ciertas industrias, dada en las últimas décadas del centro hacia el norte del país, ha gestado la importación de tecnologías dejando a estos estados sin potencializar sus propios recursos de innovación. Es así que se recomienda una estrategia específica en esta región que impulse el aprovechamiento del capital humano y de su estructura económica para generar de manera endógena nuevos conocimientos productivos.

El resultado de que los estados de la región Norte no están innovando quizá quede también explicado por el hecho de que la mayor parte de las empresas que se establecen y trabajan en esa zona ubican la casa matriz en la región Centro del país, sesgando la real actividad de innovación que están llevando a cabo. De aquí que una acción de política, principalmente para los organismos que son fuente de información, es que se haga un esfuerzo por diferenciar las patentes por el lugar donde fueron originadas y no por el lugar que ocupa la casa matriz que registra una patente.

Por su parte, la región Sur-Golfo parece aprovechar mejor las fuerzas de aglomeración en sus niveles de patentamiento. La interacción negativa que muestra con los niveles de escolaridad y el subsidio en educación superior sugieren que las políticas públicas deben ir enfocadas no solo en incrementar los valores de estas variables sino en mejorar la eficiencia en que se utilizan los recursos en las universidades públicas y que éstos se reflejen en mayor investigación académica así como en profesionales preparados que generen valor agregado en las actividades en que se desempeñen.

Mientras tanto, los estados del centro y occidente del país resultaron ser más eficientes en el uso de su estructura económica, tanto de alta como de baja tecnología, para aumentar su innovación tecnológica. Las estimaciones de interacción relacionan negativamente al nivel de escolaridad con esta región, pero el gasto en educación superior sigue siendo representativo, lo que sugiere que pueden ser la experiencia laboral o la densidad de trabajadores en actividades industriales los que determinen la influencia del capital humano

sobre la innovación de estas entidades. Las políticas en innovación en esta región deben seguir impulsando las actividades manufactureras aunque también enfocarse en aprovechar las economías de aglomeración que generan derrames conocimiento y que parecen encontrarse limitados en este grupo de estados.

En otro análisis regional pero diferenciando entre estados ricos y pobres se encontró que existen diferencias en su actividad innovadora, siendo las entidades con mayor PIB per cápita las que innovan 31.64 por ciento más que el resto. Los resultados indican que los estados pobres innovan debido a las fuerzas de aglomeración, mientras que en los estados ricos son las actividades industriales de alta tecnología y el capital humano. Las políticas que se sugieren van encaminadas en potencializar los niveles de escolaridad y de investigación académica en los estados pobres, así como en promover la difusión de conocimientos a través de las economías de aglomeración en las entidades ricas.

Los tres análisis sugieren que cuando una región es más innovadora se debe a su especialización en los sectores industriales, pero también muestran menor capacidad para generar efectos *spillover*, contrario a las regiones menos innovadoras que se caracterizan por esto último. Se considera que se deben realizar más estudios al respecto tomando en cuenta más elementos espaciales y otras particularidades económicas tanto de carácter empírico como metodológico.

Por su parte las políticas en innovación regional, que parecen ser primordiales en instituciones como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), deben considerar este tipo de trabajos que aportan evidencia para definir las características propias de la dinámica en innovación que tienen los territorios, diferenciando a su vez los detalles de cada estudio.

Las líneas de investigación que se consideran importantes, además de las comentadas anteriormente, tienen que ver con tres aspectos:

- 1) Continuar con el quehacer de recopilación de información y construcción de variables que permitan: a) incluir los esfuerzos en I+D públicos y privados a nivel más local, la diferenciación de innovaciones con valor económico o que han impactado los procesos productivos, b) el uso de otras variables que midan mejor el capital humano pues no sólo la

educación afecta la productividad de los trabajadores, sino también sus conocimientos tácitos o por experiencia, c) más indicadores sobre la estructura económica y la organización industrial podrían arrojar resultados más concluyentes sobre si es la especialización, la diversificación, la concentración o la competencia las que generan mayor innovación y derrames de conocimiento, y d) aumentar los periodos de estudio que logren contrastes de largo plazo.

- 2) En términos de metodología: a) una profundización en las técnicas de análisis de panel de datos que poco se han usado para los estudios empíricos de innovación, b) el uso de la econometría espacial no solo para los efectos de derrame de conocimiento sino también para poder conocer la distribución territorial de los factores productivos de conocimiento y c) el uso de técnicas de cointegración y causalidad entre un mayor número de variables de innovación que permitan seleccionar los principales determinantes para su estudio.
- 3) Para cuestiones teóricas el enfoque evolutivo ofrece una perspectiva más amplia de estudio, siendo el de los paradigmas tecno-económicos y el de los sistemas regionales de innovación los que pudieran complementar este tipo de trabajos al tomar en cuenta los elementos que consideran relevantes en el proceso de innovación tecnológica.

Bibliografía.

Aboites, J., 1999. Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas. In: J. Aboites, ed. *Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas: la experiencia de la economía mexicana*. México D.F.: Porrúa, pp. 97-105.

Acs, Z. J., Anselin, L. & Varga, A., 2002. Patents and innovation counts as measures of regional production of new knowledge. *Research Policy*, Issue 31, pp. 1069-1085.

Anselin, L., Varga, A. & Acs, Z., 1997. Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations. *Journal of Urban Economics*, Issue 42, pp. 422-448.

Arellano, M., 2002. *Modelling Optimal Instrumental Variables for Dynamic Panel Data Models*. Venice, Econometrics Invited Lecture, European Meeting of the Econometric Society.

Arellano, M., 2003. *Panel Data Econometrics. Advanced Texts in Econometrics*, Oxford: Oxford University Press.

Arellano, M. & Bond, S., 1991. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *Review of Economic Studies*, LVIII(2), pp. 227-297.

Arrow, K. J., 1962. Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention. In: U. B. o. E. Research, ed. *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*. s.l.:UMI, pp. 609-636.

Arrow, K. J., 1962b. The Economic Implications of Learning by Doing. *The Review of Economic Studies*, XXIX(3), pp. 155-173.

Audretsch, D. B. & Feldman, M. P., 2004. Knowledge Spillovers and the Geography of Innovation. In: J. Henderson & J. Thisse, eds. *Handbook of Regional and Urban Economics*. s.l.:s.n., pp. 2713-2739.

Audretsch, D. B. & Kelibach, M., 2008. Resolving the Knowledge Paradox: Knowledge-spillovers, entrepreneurship and economic growth. *Research Policy*, Issue 37, pp. 1697-1705.

Baltagi, B., 2008. *Econometrics*. New York: Springer-Verlang.

Barro, R. J., 1990. Government Spending in a Simple Model of Endogeneous Growth. *The Journal of Political Economy*, XCVIII(5), pp. S103-S125.

Barro, R. J., 1991. Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, CVI(2), pp. 407-443.

Bottazzi, L. & Peri, G., 2003. Innovation and spillovers in regions: Evidence from European patent data. *European Economic Review*, Issue 47, pp. 687-710.

Bronzini, R. & Piselli, P., 2009. Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: The role of R&D, human capital and public infrastructure. *Regional Science and Urban Economics*, Issue 39, pp. 187-199.

Buesa, M., Martínez, M., Heijs, J. & Baumert, T., 2002. Los Factores Determinantes de la Innovación: Un Análisis Econométrico. *Economía Industrial*, Issue 347, pp. 67-84.

Cabrer-Borrás, B. & Serrano-Domingo, G., 2007. Innovation and R&D spillover effects in Spanish regions: A spatial approach. *Research Policy*, Issue 36, pp. 1357-1371.

Capdevielle, M., 2003. Composición tecnológica de la industria manufacturera mexicana. In: J. Aboites & G. Dutrénit, eds. *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana. Miguel Ángel Porrúa.

Capello, R., 1999. Spatial Transfer of Knowledge in High Technology Milieux: Learning Versus Collective Learning Processes. *Regional Studies. Journal of Regional Studies Association*, 33(4), pp. 353-365.

Carlino, G. A., Chatterjee, S. & Hunt, R. M., 2007. Urban density and the rate of innovation. *Journal of Urban Economics*, Issue 61, pp. 389-419.

Castells, M., 1999. El Estado Impotente. In: M. Castells, ed. *La Era de la Información: Economía, Sociedad y Cultura*. México D.F.: Siglo XXI, pp. 271-339.

Celaya T., D. & Díaz B., A., 2002. Crecimiento, instituciones, y crecimiento en México considerando a la frontera norte. *Estudios Fronterizos*, III(6), pp. 33-62.

Cimoli, M. & Dosi, G., 1994. De los Paradigmas Tecnológicos a los Sistemas Nacionales de Producción e Innovación. *Comercio Exterior*, pp. 669-682.

Cook, P. & Gómez, U., 1998. Dimensiones de un Sistema de Innovación Regional: Organizaciones e Instituciones. *Ekonomiaz*, XLI(1), pp. 46-67.

Coronado G., D. & Acosta S., M., 1999. Innovación Tecnológica y Desarrollo Regional. *ICE*, Issue 781, pp. 103-116.

Dosi, G., Freeman, C. & Fabiani, S., 1994. The process of economic development. Introducing Some Stylized Facts and Theories on Technologies, Firms and Institutions. *Industrial and Corporate Change*, III(1), pp. 1-45.

Feldman, M. P. & Audretsch, D. B., 1999. Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European Economic Review*, Issue 43, pp. 409-429.

Fisher, Manfred M. & Varga Attila, 2003. Spatial knowledge spillovers and university research: Evidence from Austria. *The Annals of Regional Science*, Issue 37, pp 303-322.

Freeman, C., 1994. Innovation and growth. In: E. Aldershot, ed. *The Handbook of Industrial Innovation*. s.l.:s.n., pp. 78-93.

Fritsch, M. & Franke, G., 2004. Innovation, regional knowledge spillovers and R&D cooperation. *Research Policy*, Issue 33, pp. 245-255.

Germán-Soto, V. & Gutiérrez, L., 2010. Time Series Tests of Structural Change among Innovation and Trade Liberalization in Mexico. *Journal of the Knowledge Economy*, Volume I, pp. 219-237.

Germán-Soto, V. & Gutiérrez, L., 2012. A Standardized Coefficients Model to Analyze the Regional Patents Activity: Evidence from the Mexican States. *Journal of the Knowledge Economy*, Volume III.

Germán-Soto, V. & Gutiérrez, L., 2013. Assessing Some Determinants of the Regional Patenting: An Essay from the Mexican States. *Scientific Research*, Issue 43 B, pp. 1-9.

Germán-Soto, V., Gutiérrez, L. & Tovar, S., 2009. Factores y relevancia geográfica del proceso de innovación regional en México, 1994-2006. *Estudios Económicos*, XXIV(2), pp. 225-248.

Glaeser, E. L., 1999. Learning in Cities. *Journal of Urban Economics*, Issue 46, pp. 254-277.

- Glaeser, E. L., Kallal, H. D., Scheinkman, J. & Shleifer, A., 1991. Growth in Cities. *Working Paper No.3787*, pp. 1-38.
- Greene, W., 2008. *Econometric Analysis*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Griliches, Z., 1991. The Search for R&D Spillovers. *National Bureau of Economic Research*, Volume Working Paper No. 3768, pp. 1-25.
- Griliches, Z., 1998. Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. In: Z. Griliches, ed. *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*. Chicago: University of Chicago Press, pp. 287-343.
- Grossman, G. M. & Helpman, E., 1994. Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, VIII(1), pp. 23-44.
- Guzmán Ch., A., 1999. Las fuentes endógenas del crecimiento económico. *Economía, Teoría y Práctica*, XIII(1), pp. 36-60.
- Guzmán, A. G., López-Herrera, F. & Venegas-Martínez, F., 2012. *Un análisis de cointegración entre patentes y crecimiento económico en México, 1980-2008*, México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Guzmán, A. & Guzmán, M. V., 2009. ¿Poseen capacidades de innovación las empresas farmacéuticas de América Latina? La evidencia de Argentina, Brasil, Cuba y México. *Economía, Teoría y Práctica*, I(Especial), pp. 131-173.
- Hans-Jürgen, E., 1997. International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD economics: An empirical investigation. *European Economic Review*, Issue 41, pp. 1479-1488.
- Heijs, J., 2001. *Sistemas Nacionales y Regionales de Innovación y Política Tecnológica: Una Aproximación Teórica*, Madrid: s.n.
- Jaffe, A. B., 1986. *Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence From Firm's Patents, Profits and Market Value*, Massachusetts: National Bureau of Economic Research.
- Jaffe, A. B., 1989. Real Effects of Academic Research. *The American Economic Review*, LXXIX(5), pp. 957-970.
- Jordaan, J. y Rodríguez Oreggia E., 2012. Regional growth in Mexico under trade liberalisation: how important are agglomeration and FDI?. *Springer*. XLVIII, pp 179-202.
- Krugman, P., 1991. Increasing Returns and Economic Geography. *The Journal of Political Economy*, XCIX(3), pp. 483-499.

Lucas, R. E., 1988. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, Issue 22, pp. 3-42.

Mankiw, N. G., Romer, D. & Weil, D. N., 1992. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Issue 2, pp. 407-437.

Marshall, A., 1890. *Principios de Economía*. 1a ed. Barceola: Ciblioteca de Cultura Económica IX.

Martinelli, A., 2003. Markets; Governments, Communities and Global Governance. *Presidential Address ISA. XV Congress, XVIII(2)*.

Matouschek, N. & Robert-Nicoud, F., 2005. The role of human capital investments in the location decision of firms. *Regional Science & Urban Economics*, Issue 35, pp. 570-583.

Mátyás, L. & Sevestre, P., 2008. *The Econometric of Panel Data*. 3rd ed. Berlín: Springer Netherlands.

McCann, P., 2001. *Urban and Regional Economics*. New York: Oxford University Press.

Mendoza, J., Torres, V. & Polanco, M., 2008. Desigualdad del crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México. *Comercio Exterior*, LVIII(7), pp. 507-521.

Nelson, R. & Nelson, K., 2002. Technology, Institutions, and Innovation Systems. *Research Policy*, Issue 31, pp. 265-272.

Nelson, R. & Rosenberg, N., 1993. Technical Innovation and National systems. In: R. Nelson, ed. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. New York: University Press, Oxford.

Nicholson, W., 2006. *Teoría Microeconómica: Principios Básicos Y Ampliaciones*. 9th ed. s.l.:Cengage Learning Latin America.

Nordhaus, W. D., 1969. An Economic Theory of Technological Change. *The American Economic Review*, LIX(2), pp. 18-28.

Pérez, Carlota, 2003. Revoluciones tecnológicas, cambios de paradigma y de marco institucional. In: J. Aboites & G. Dutrénit, eds. *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*. México D.F.: Universidad Autónoma Metropolitana y Editorial Porrúa, pp. 13-46.

Pérez, P., Dutrénit, G. & Barceinas, F., 2004. *Actividad innovadora y desempeño económico de las empresas mexicanas*. Argentina, VI Taller de Indicadores de Ciencia y Tecnología.

Porter, M. E., 1990. The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*, pp. 73-93.

Rodríguez-Pose, A. & Crescenzi, R., 2008. Research and Development, Spillovers, Innovation Systems, and the Genesis of Regional Growth in Europe. *Regional Studies*, Issue 42.1, pp. 51-67.

Romer, P. M., (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. *The Journal of Political Economy*, XCIV(5), pp. 1002-1037.

Romer, P. M., 1989. *Human Capital and Growth: Theory and Evidence*, Massachusetts: National Bureau of Economic Research.

Romer, P. M., 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, XCVIII(5), pp. S71-S102.

Romer, P. M., 1994. The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, VIII(1), pp. 3-22.

Rosenberg, N., 1982. *Inside The Black Box. Technology and Economics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rózga L., R., 2003. Sistemas Regionales de Innovación: Antecedentes, Origen y Perspectivas. *Convergencia*, Issue 33, pp. 225-248.

Sala-i-Martin, X. X., 1995. Regional cohesion: Evidence and theories regional growth and convergene. *Eureopan Economic Review*, Volume IV, pp. 1325-1352.

Shearmur, R., 2012. Are the cities the font of innovation? A critical review of the literature on cities and innovation. *Cities*, Issue 29, pp. S9-S18.

Shumpeter, J. A., 1939. How the Economic System Generates Evolution. In: J. A. Shumpeter, ed. *Business Cycles: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalism Process*. New York, Toronto & London: McGraw Hill, pp. 65-131.

Solow, R. M., 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, LXX(1), pp. 65-94.

Solow, R. M., 1957. Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, XXXIX(3), pp. 312-320.

Stiglitz, J., 1995. *La Economía del Sector Público*. Barcelona: Antoni, Bosch.

Swan, T., 1956. Economic Growth and Capital Accumulation. *Economic Record*, XXXII(2), pp. 334-361.

Uzawa, H., 1965. Optimum Technical Change in An Aggregative Model of Economic Growth. *International Economic Review*, VI(1), pp. 18-31.

Vence, D. X., 1995. *Economía de la innovación y del cambio tecnológico*. 1a ed. Madrid: Siglo XXI.

Villarreal P., E. M., 2011. *Innovation and Regional Growth in México 2000-2010*. Barcelona, Asociación Española de Ciencia Regional.

Wong, P. K., Ho, Y. P. & Autio, E., 2005. Entrepreneurship, Innovation and Economic Growth: Evidence from GEM data. *Small Business Economics*, Issue 24, pp. 335-350.