

**FACTORES Y RELEVANCIA GEOGRÁFICA
DEL PROCESO DE INNOVACIÓN REGIONAL
EN MÉXICO, 1994-2006***

Vicente Germán-Soto

Luis Gutiérrez Flores

Sandra Haydeé Tovar Montiel

Universidad Autónoma de Coahuila

Resumen: Se analizan algunos de los factores que inciden en el proceso mexicano de innovación regional durante 1994-2006. Mediante el uso de metodologías de regresión para datos de conteo encontramos un efecto positivo y significativo de la inversión foránea y el nivel educativo sobre la actividad innovadora de los estados. También encontramos que el proceso de innovación es altamente dependiente de la localización geográfica y del registro de patentes de las empresas multinacionales, lo cual sugiere que en México se está gestando, más bien, un proceso de aprendizaje tecnológico, principalmente entre entidades geográficamente pertenecientes al centro del país.

Abstract: The aim of this work is to analyze some factors that affect the Mexican process of regional innovation during 1994-2006. Through the use of regression methodologies for count data we find a positive and significant effect of the foreign investment and the educative level on the innovative activity of the Mexican states. Also we find that the innovation process is highly dependent on the geographic location and the patents by multinational firms, which suggests in Mexico a process of technology learning is being formed rather than an innovation process, mainly among states geographically belonging to the center of the country.

Clasificación JEL/JEL Classification: C41, F23, O32, R12

Palabras clave/keywords: innovación, regresión de Poisson, empresas multinacionales, economía regional, México, innovation, Poisson regression, multinational firms, regional economics.

Fecha de recepción: 21 X 2008

Fecha de aceptación: 11 V 2009

* Agradecemos las sugerencias y comentarios de dos dictaminadores anónimos y de los asistentes al XVIII Coloquio mexicano de economía matemática y econometría. V. Germán agradece el apoyo financiero de la beca SEP-PROMEP, UACOH-EXB070, F-PROMEP-36/Rev-03. vicentegerman@uadec.edu.mx, luguti@ciise.uadec.mx, tovimonti_2324@yahoo.com.mx

1. Introducción

Recientes investigaciones de la teoría del crecimiento económico han centrado la atención en los procesos de acumulación del conocimiento. Al constituirse en información de carácter público, el conocimiento produce rendimientos a escala crecientes en varios contextos. Diversos trabajos que aparecieron durante los años noventa destacaron que, debido a esta característica, el producto marginal del capital no necesariamente declinará con el tiempo y el crecimiento a largo plazo del ingreso per capita será sostenido (véanse Romer, 1986 y 1990; Lucas, 1988 y Grossman y Helpman, 1990 y 1994, entre otros).

Los países desarrollados han logrado acelerar el crecimiento de sus economías incrementando las inversiones de capital y los recursos hacia sectores generadores de conocimiento. Este grupo de países ha encontrado que la producción de bienes de alta tecnología y las actividades creadoras de conocimiento permiten acelerar la acumulación de capital y la tasa de crecimiento de sus economías. Como resultado, sus políticas han hecho énfasis en la necesidad de orientar mayores recursos hacia los sectores dedicados a la investigación y desarrollo (I+D) con tres objetivos básicos: reducir costos, innovar y mejorar la calidad de los productos.

Sin embargo, la propuesta de la acumulación de conocimientos en los países en desarrollo ha tenido efectos poco claros, dado el bajo nivel de inversión que se lleva a cabo en sectores tecnológicamente avanzados. Lo que parece ser una propuesta más realista es que, los países menos desarrollados pueden tomar ventaja de las relaciones económicas internacionales con los más avanzados, debido a que pueden aprovechar los grandes inventarios de capital ya acumulados en el mundo industrializado (Grossman y Helpman, 1990). Por otra parte, la innovación tecnológica en países en desarrollo (como en el caso de México) podría buscarse a través de aproximaciones y seguimiento de la frontera científica para construir el acervo de conocimientos y apoyar a las empresas nacionales (Cisneros, 2005).

Desde la perspectiva de la teoría del crecimiento endógeno, en la medida que un país incremente sus actividades de investigación y desarrollo tendrá mayor capacidad para resolver sus problemas y logrará un mayor crecimiento económico. Sin embargo, uno de los problemas que afronta esta línea de reflexión se encuentra en el terreno empírico, ya que no existe un indicador ideal que represente el nivel de conocimientos de una sociedad. Por lo general, se busca alguna forma de medir las actividades de innovación que realiza un país, en función de la disponibilidad y calidad de la información para usar

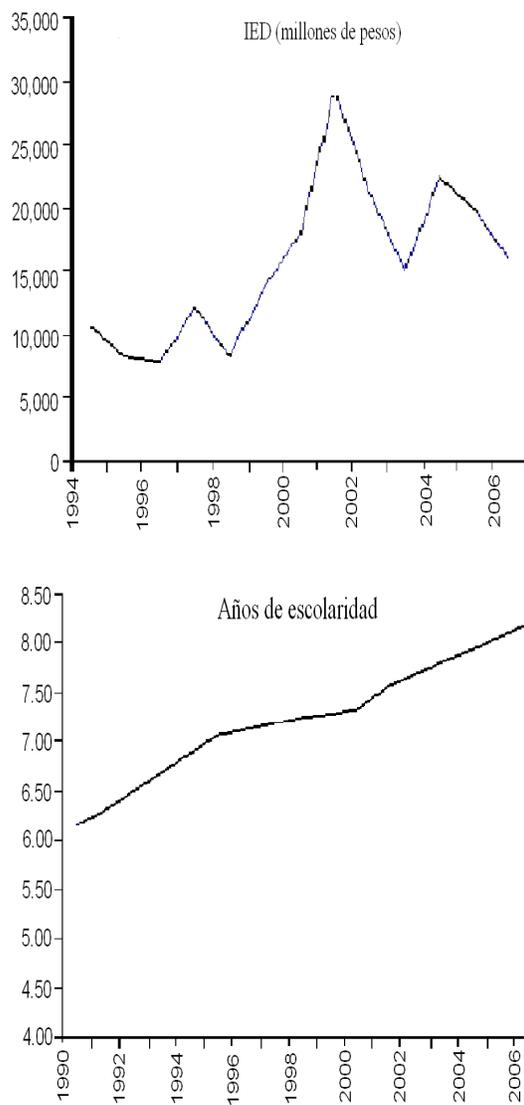
herramientas estadísticas. Un indicador muy popular es el registro de patentes en un periodo determinado, ya que éste puede ser entendido como un medio a través del cual fluye la información tecnológica hacia el aparato productivo de cualquier economía. La culminación exitosa de dicho proceso está determinada básicamente por dos factores: la educación y la inversión en capital.

En México, desde que el proceso de apertura comercial tuvo lugar, se han generado incrementos importantes en la captación de inversiones foráneas, con la consiguiente implantación de tecnologías nuevas y sistemas de información distintos a los tradicionalmente ensayados por las empresas nacionales. La educación, por su parte, 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 nivel educativo involucrado en los procesos productivos de las empresas. Por esto, ambos factores (educación e inversiones nuevas) deben constituir elementos explicativos e inseparables del proceso innovador. En la gráfica 1 representamos la evolución de las dos variables desde la apertura comercial. En general, ambas tuvieron un comportamiento ascendente a lo largo del periodo, lo que, probablemente, debió haber contribuido al aumento de la innovación y el crecimiento económico del país.

Este trabajo tiene por objetivo ofrecer estimaciones empíricas de la magnitud e importancia de la educación y las inversiones foráneas, en el proceso de innovación a nivel de entidad federativa de México. Delimitados por la disposición de información, nos concentramos en el periodo 1994-2006 y medimos la innovación a través de la solicitud de patentes. Nuestras estimaciones son capaces de explicar cómo el proceso de innovación regional en México depende de la educación y las inversiones foráneas. Encontramos una relación positiva y significativa entre innovación, educación e inversión extranjera directa (IED) en el conjunto de estados del país. También encontramos que el proceso de innovación en México presenta un patrón de localización geográficamente claro: los estados ubicados en el centro y en el occidente del país experimentaron los mayores procesos de innovación tecnológica. Este modelo de conducta no es específico de la economía mexicana, pautas similares han sido documentadas en muchos otros países tanto desarrollados como en desarrollo, lo que invita a pensar en la concentración como una característica más bien propia del conocimiento y los procesos de innovación.¹

¹ Ver sección 2 para una muestra de trabajos con resultados en esta dirección.

Gráfica 1
Inversión extranjera directa (IED) y educación en México



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y la Secretaría de Economía.

Desde el punto de vista teórico, los resultados obtenidos sugieren que en el caso de las regiones de México, lo que se está gestando es un proceso de aprendizaje tecnológico mas no de innovación, ya que los sistemas regionales de innovación dependen altamente de las patentes e inversiones extranjeras, cuya concentración geográfica es elevada.

La estructura de nuestro trabajo es la siguiente. En la sección dos hacemos un breve repaso sobre innovación y crecimiento endógeno, mientras que en tres comentamos algunos de los trabajos previos para México. En la sección cuatro exponemos la metodología de estimación, en la cinco describimos la base de datos y desarrollamos las especificaciones econométricas. Los resultados de las estimaciones las exponemos en la sección seis y, para finalizar, en la sección siete destacamos algunas conclusiones.

2. Aspectos teóricos y metodológicos

Durante la década de los noventa se posicionó fuertemente en el pensamiento económico una corriente que defiende la idea de que el crecimiento está perfilado hacia el progreso técnico. Esta corriente, conocida como la teoría del crecimiento endógeno, ha centrado la atención en cuatro factores que afectan el crecimiento de una economía: el capital humano, el capital público, las inversiones en infraestructura y el capital privado destinado a investigación y desarrollo (véase, por ejemplo, Romer, 1986; Lucas, 1988; Barro, 1990 y Grossman y Helpman 1991).

Uno de los principales artífices de esta corriente introdujo un modelo donde distingue entre el componente competitivo y tecnológico del conocimiento (Romer, 1990). Dentro de sus hallazgos sobresale el resultado de que los países con una mayor dotación de capital humano experimentan mayores tasas de crecimiento económico, un aspecto que desde la perspectiva del modelo neoclásico se atribuye a características cuantitativas y cualitativas de la población (Hernández, 2002).

Por otro lado, Grossman y Helpman (1991) señalan que la base del crecimiento está en el incremento del inventario de conocimientos y en la acumulación de capital humano. Ellos, a diferencia de Romer (1990), consideraron al capital humano como una variable endógena que depende de la decisión de los individuos (emplearse como trabajadores o dedicarle tiempo a su educación formal). El principal resultado obtenido fue que el salario pagado a cada trabajador cualificado aumentaría conforme su acervo de capital humano acumulado.

De esta manera, si crece la productividad media del capital humano (que se acumula con el tiempo) se eleva el salario relativo y, con ello, la cantidad de trabajadores cualificados disponibles en el sector de I+D, por lo que se incrementa la tasa de innovación y, por tanto, el crecimiento económico.

La mayoría de los trabajos en esta área usa la función de producción del conocimiento creada y desarrollada por Griliches (1979), la cual presenta la característica de ser una función tipo Cobb-Douglas. En dicha función de producción se combinan insumos de innovación, ya que se busca reflejar el efecto de los conocimientos nuevos que están incorporados en los esfuerzos de investigación y desarrollo.

Con una versión modificada de la función de producción de Griliches (1979), para tomar en cuenta los efectos espaciales, Jaffe (1989) investigó la derrama de las investigaciones académicas en el área regional de Estados Unidos y encontró evidencia significativa de la importancia de las derramas del conocimiento espacial y de los efectos de la investigación universitaria en las actividades de innovación de las corporaciones a nivel de estados de la unión americana. En forma similar, Acs, Anselin y Feldman (1994) emplearon una función de producción del conocimiento a nivel de empresas, con el objetivo de observar cómo el tamaño de las empresas influye en la generación de las innovaciones.

En tanto, basándose en el modelo de Jaffe (1989), Piergiovanni y Santarelli (2001) usaron información de patentes del año 1994 para 21 regiones, con la finalidad de observar la geografía de la innovación de las empresas manufactureras en Francia. Los autores encontraron que los beneficios de las empresas dependen significativamente del inventario de conocimientos del área geográfica en la cual están localizadas.

Por otro lado, a través de la función de producción del conocimiento Fritsch (2002) midió la calidad de los sistemas regionales de innovación, aplicando cuestionarios a empresarios del sector de las manufacturas de once regiones europeas en los años 1995 y 1998. Fritsch (2002) halló diferencias significativas relacionadas con la productividad de la I+D entre tales empresas en las once regiones europeas.

Otro caso aplicado a regiones europeas con esta metodología fue el de Greunz (2003), donde se analizaron 153 regiones subnacionales de Europa para el periodo 1989-1996. Mediante el uso de la variable solicitud de patentes, como producto de la innovación, la autora encontró evidencia de que las derramas de conocimiento intersectorial se presentaron en regiones geográficamente cercanas y también

entre regiones dispersas pero con actividades tecnológicas similares. Además, dichas derramas fueron llevadas a cabo, principalmente, por el sector privado.

Otros trabajos han buscado explicación en la citación de patentes. Por ejemplo, el trabajo de Jaffe, Trajtenberg y Henderson (1993) mide la frecuencia de la citación de patentes originada tanto en universidades como en grandes corporaciones. Para el caso de Suecia, Sjöhlom (1996 y 1997), con una metodología similar a la de Jaffe, Trajtenberg y Henderson (1993), indicó que las citas a patentes que provenían de países más distantes son menos frecuentes que la citación de patentes de países vecinos.

Coronado y Acosta (1997) examinaron la distribución espacial de la innovación tecnológica de España durante 1989-1992 y analizaron los factores que determinaron tal proceso. Los autores emplearon como herramienta metodológica el coeficiente de Gini y hallaron que la distribución de las patentes se concentró en Madrid y Barcelona, debido a economías de aglomeración, mientras que se desconcentraron en regiones tales como Alicante, Zaragoza y Valencia.

Al seguir el trabajo de Coronado y Acosta (1997), Sun (2000) encontró que las patentes de China están altamente concentradas en dos regiones: una conformada por las provincias que se encuentran ubicadas en la costa, al ser las que crecen más rápido y, una segunda, formada por provincias separadas que tienen una gran concentración de población.

Por otro lado, Zucker, Darby y Armstrong (2000) encontraron que la entrada de empresas en el sector de la biotecnología en Estados Unidos ha estado determinada por la distribución geográfica de investigaciones de alta calidad de las universidades. En tanto, MacPherson (2002) evaluó la contribución generada por las interacciones industria-universidad en la producción de innovaciones. En este trabajo el autor encontró que la proximidad geográfica de las investigaciones académicas es un factor que ayudó al desarrollo de la producción.

3. Evidencia para México

En el ámbito nacional mexicano los trabajos sobre la innovación han estado dirigidos, principalmente, a observar el comportamiento de la industria manufacturera, ya que éste es uno de los pocos sectores que utilizan elementos de alta tecnología que les permiten realizar actividades de innovación. Por ejemplo entre los trabajos más recientes,

Capdevielle (2003) realizó un análisis de composición tecnológica de la industria manufacturera mexicana empleando indicadores como la eficiencia y la capacidad. En el estudio se encontró que, a partir de los años ochenta, se ampliaron las brechas tecnológicas, especialmente entre sectores intensivos en tecnología.

Por otra parte, Pérez, Dutrénit y Barceinas (2004) buscaron la relación que tiene la actividad innovadora de las empresas manufactureras mexicanas con su desempeño económico empleando el modelo de Mairesse y Mohnen (2003), así como información de la *Encuesta nacional de innovación, 2001*, de México.² Dentro de los resultados, los autores destacan que el factor que motivó a las empresas a destinar grandes montos en I+D fue su capacidad tecnológica interna, mientras que la obtención de innovaciones de producto y proceso estuvo asociada a factores de costo y empleo total.

La investigación dirigida al estudio de la innovación en el nivel regional mexicano es muy reciente. Rózga (2002) ofreció una perspectiva de la localización regional de la innovación en México mediante el análisis de dos factores: la distribución regional del potencial tecnológico y el análisis de los polos de innovación. Para el primero de los factores el autor consideró información publicada por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) en el año de 1994, referente a 2,582 programas de posgrado. Entre los resultados destacan que, sólo la zona metropolitana de la Ciudad de México abarcó la tercera parte de los posgrados impartidos en el país, mientras que cuatro de los cinco centros industriales más importantes del país (Ciudad de México, Monterrey, Puebla y Toluca) concentraron el 71% de los posgrados.

En una investigación más reciente Hernández y Díaz (2007) estudiaron la relación de las patentes solicitadas en los estados con algunas variables indicadoras de la innovación, tales como publicaciones científicas y tesis consultadas. Entre los resultados se encuentran la existencia de una relación positiva entre las variables para el conjunto de estados de mayor desarrollo e innovación del país y, además, que la innovación en México puede ser mejor explicada si se considera en los métodos de estimación el efecto de la concentración regional.

² El modelo econométrico desarrollado por Mairesse y Mohnen (2003) examina los sectores de alta tecnología y busca expresar cómo una actividad innovadora explica su dinámica en términos de ventas. El trabajo de Pérez, Dutrénit y Barceinas (2004) considera esta metodología ya que son comparables las encuestas *Community Survey Innovation Second Version (CIS2)* y la *Encuesta nacional de innovación, 2001(ENI)*.

4. Modelos de regresión para datos de conteo: Poisson y binomial negativo

Los datos de recuento o conteo se obtienen al contabilizar el número de veces que ocurre un suceso en un intervalo de tiempo, y pueden ser considerados como realizaciones de una variable aleatoria que únicamente toma valores enteros o positivos, como es el caso de la variable *proxy* que usaremos para innovación: número de patentes solicitadas por entidad federativa.

Medir la innovación a través de la solicitud de patentes y estimar sus efectos en los resultados económicos de un país o economía implica, por tanto, utilizar un modelo de regresión diseñado para el caso donde la variable que deseamos explicar toma valores enteros no negativos y/o es de conteo. Esta es una característica presente en la variable solicitud de patentes, ya que toma valores $y = 0, 1, 2, \dots$ sin un límite superior explícito. En estos casos, los análisis de regresión intentan explicar la variación en la media condicional de y con la ayuda de la variación en un conjunto de variables explicativas x . Si la media de una función es contemplada en una distribución de probabilidad, entonces es posible obtener un modelo de probabilidad condicional de y dado x .

Los modelos de probabilidad condicional son herramientas clave para los investigadores interesados en las relaciones entre y y x . Si la variable dependiente es de conteo, entonces el modelo de regresión lineal tradicional tiene ciertas desventajas, por lo que el uso de modelos más apropiados es requerido para estas situaciones particulares. Dentro de la clase de modelos de probabilidad condicional, los modelos de regresión de Poisson y binomial negativo son los modelos de datos de conteo más importantes, por lo que en este trabajo basamos la evidencia empírica en ambos modelos. Al asumir una muestra independiente para cada par de observaciones (y_i, x_i) los parámetros de los dos modelos son estimados por métodos de máxima verosimilitud.

A continuación presentamos, brevemente, la metodología, para una exposición detallada de los supuestos y las propiedades de los modelos pueden consultarse Greene (2000) y Winkelmann (2008), entre otros.

4.1. *El modelo de regresión de Poisson*

A diferencia de los modelos de regresión estándar, como mínimos cuadrados ordinarios, el modelo de regresión tipo Poisson hace un

tratamiento apropiado de los datos de conteo al estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento, dada una cantidad específica de variables independientes.³

Sea Y una variable aleatoria con una distribución discreta que es definida en el intervalo $Y = \{0, 1, 2, \dots\}$. Se dice que Y tiene una distribución de Poisson con parámetro μ , escrita como $Y \sim Poisson(\mu)$, si y sólo si la función de probabilidad es como sigue:

$$P(Y = k) = \frac{\mu^k e^{-\mu}}{k!} \quad (1)$$

La función generadora de probabilidad de la distribución de Poisson está dada por (véase Winkelmann, 2008):

$$\begin{aligned} p(s) &= \sum_{k=0}^{\infty} s^k P(Y = k) = \sum_{k=0}^{\infty} s^k \frac{\mu^k e^{-\mu}}{k!} \\ &= e^{-\mu} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\mu s)^k}{k!} = e^{-\mu + \mu s} \end{aligned} \quad (2)$$

Consecuentemente, la función de probabilidad de Poisson se obtiene a través del cálculo de una sencilla derivada parcial:

$$P(Y = k) = (k!)^{-1} \frac{d^k p}{ds^k} \Big|_{s=0} = \frac{\mu^k e^{-\mu}}{k!} \quad (3)$$

En la distribución de Poisson se considera que el valor esperado y la varianza son iguales y equivalentes al parámetro dado en la ecuación (1). Algunas características del modelo (1) es que éste es no lineal en el parámetro μ y depende de un conjunto de variables explicativas, adquiriendo la siguiente forma (ver, por ejemplo, Greene, 2000 y Gujarati, 2003):

$$\mu = E(Y_i) = \beta_1 + \beta_2 X_{2i} + \beta_3 X_{3i} + \dots + \beta_k X_{ki} \quad (4)$$

donde Y_i representa, en nuestro caso, el número de solicitudes de patentes en la i -ésima entidad federativa y las X son algunas de las variables que pudieran afectar el valor de la media.

El modelo de regresión de Poisson juega un papel importante en el análisis de datos de conteo, dado que entre sus principales características destacan: a) proporciona una descripción satisfactoria de

³ En este caso hacemos referencia a buen manejo de los datos ante la presencia de ceros en la variable.

los datos, cuya varianza es proporcional a su media; *b*) teóricamente es deducido de principios elementales con pocas restricciones; *c*) los eventos de conteo ocurren en el tiempo de manera independiente y aleatoria, con tasas de ocurrencia constante y, finalmente, *d*) el modelo determina el número de eventos dentro de un intervalo especificado (Gujarati, 2003).

La relación $E(Y) = Var(Y) = \mu$ es característica de la distribución de Poisson y es referida como *equidispersión*. Una distribución que no presenta *equidispersión* puede estar representada ya sea por una sobredispersión (la varianza es mayor que la media) o una subdispersión (la varianza es más pequeña que la media). Contrario a otras distribuciones paramétricas, tales como la distribución normal, una violación al supuesto de varianza es suficiente para una violación al supuesto de distribución de Poisson.

4.2. El modelo binomial negativo

En el caso de que el supuesto de varianza no se cumpla en el modelo de regresión de Poisson, se han desarrollado otras alternativas (algunas de las cuales fueron propuestas en Cameron y Trivedi, 1986; Gurmú y Trivedi, 1992 y Johnson y Kotz, 1993, entre otros). La más común es el modelo binomial negativo, que surge como consecuencia de la heterogeneidad presente en las observaciones.

En breve, una variable aleatoria Y tiene una distribución binomial negativa con parámetros $\alpha \geq 0$ y $\theta \geq 0$, denotada como $Y \sim Negbin(\alpha, \theta)$, si la función está dada por

$$P(Y = k) = \frac{\Gamma(\alpha+k)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(k+1)} \left(\frac{1}{1+\theta}\right)^\alpha \left(\frac{\theta}{1+\theta}\right)^k \quad \forall k = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

donde $\Gamma(\cdot)$ indica la función *gamma* tal que $\Gamma(s) = \int_0^\infty z^{s-1} e^{-z} dz$ para $s > 0$. La función generadora de probabilidad viene determinada por

$$p(s) = [1 + \theta(1 - s)]^{-\alpha} \quad (6)$$

Debido a que $\theta \geq 0$, la varianza de la distribución binomial negativa generalmente excede su media (esto es, “sobredispersión”). En contraparte, la sobredispersión se desvanece a medida que $\theta \rightarrow 0$.

Con el fin de usar la distribución binomial negativa en análisis de regresión la media μ se expresa en función de los parámetros α y θ de la siguiente forma:

$$\mu = \alpha\theta \quad (7)$$

La principal ventaja de una distribución binomial negativa sobre la distribución de Poisson es que el parámetro adicional en el primer modelo introduce mayor flexibilidad al tratar con la función de varianza y, por tanto, con el problema de heteroscedasticidad en los datos.

5. Base de datos y especificación econométrica

5.1. Base de datos

La información sobre número de patentes solicitadas, que será usada como *proxy* de innovación, fue proporcionada por el Instituto Mexicano de Derecho de Propiedad Industrial. Por su parte, el conjunto de variables explicativas tuvo otras fuentes oficiales. La información correspondiente a la inversión extranjera directa se obtuvo del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la Secretaría de Economía, mientras que, para la educación, nos hemos apoyado en las series estatales sobre grados de escolaridad promedio proporcionadas por INEGI en los censos de población y vivienda 1990, 1995, 2000 y 2005. También hemos considerado las series de población por entidad federativa estimadas anualmente por el Consejo Nacional de Población (Conapo) con base en los censos de población y vivienda del INEGI. Esta última variable fue utilizada para expresar la información en términos per cápita. Toda la información fue obtenida para cada una de las treinta y dos entidades federativas y para el periodo 1994-2006.

Como consecuencia de que uno de los principales problemas del modelo de regresión de Poisson es el supuesto de *equidispersión* de los datos (lo que equivale a considerar que la media es igual a la varianza), en el cuadro 1 hemos tabulado la distribución de frecuencias de la variable solicitud de patentes con el fin de explorar esta situación en la base de datos.

Se aprecia que el conjunto de datos sobre patentes puede presentar el problema de sobredispersión, ya que la varianza es ampliamente mayor que la media. El cuadro 1, también nos informa que el dato máximo de patentes solicitadas para un estado en un año fue de 215 y

que el número total de ceros es de 52, lo que equivale al 12.5% del total de las observaciones. Winkelmann (2008) sugiere que, ante la presencia de sobredispersión o heterogeneidad no observada, se incluya una variable que sea independientemente distribuida del conjunto de variables x con media = 1 y varianza σ_u^2 .

Cuadro 1
Distribución de frecuencias de la solicitud de patentes

<i>Patentes</i>	<i>Conteo</i>
0	52
1	54
2	40
3	39
4	26
5	22
6	13
7	21
8	12
9	14
10	14
de 11 a 20	43
de 21 a 30	19
de 31 a 50	15
de 50 a 100	19
más de 10	13
<i>Observaciones 416</i>	
Máximo	215
Media	15.06
Varianza	1,107.83

5.2. *Especificación econométrica*

Una vez que depuramos nuestra base de datos y hacemos las transformaciones requeridas realizamos una primera aproximación de la

relación existente entre innovación, inversión extranjera y educación, mediante un modelo de regresión de la siguiente forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 ied_{it} + \beta_2 edu_{it} + u_{it} \quad (8)$$

donde y_{it} indica el número de patentes solicitadas en la entidad i -ésima en el año t , ied representa la inversión extranjera directa per cápita, edu es una variable que mide los grados de escolaridad promedio, y u es el término de perturbación, $i = 1, \dots, 32$ entidades federativas y $t = 1994, 1995, \dots, 2006$. La ecuación (8) fue estimada como un panel de datos a través de una regresión tipo Poisson y binomial negativo.

Ante la presencia de sobredispersión en los datos y de heterogeneidad no observada, se recomienda introducir variables con una distribución independiente del conjunto de variables x y que, además, presenten una media igual a 1. Con este propósito hemos estimado la ecuación (8) agregando diversas variables *dummy*. La nueva especificación cumple, además, con un doble objetivo. Primero, tiene la finalidad de medir la influencia particular sobre la innovación de cada región geográfica del país. Segundo, resulta conveniente para disminuir el sesgo de estimación que se produce cuando tratamos con un conjunto de datos en el que uno de los individuos (la región centro y, particularmente, el Distrito Federal) recibe una cantidad mayor de solicitud de patentes. El conjunto de ecuaciones de estimación empírica, por tanto, es el siguiente:

$$\begin{aligned} y_{it} = & \beta_0 + \beta_1 ied_{it} + \beta_2 edu_{it} + \beta_3 DUM_CENTRO_{it} \quad (9) \\ & + \beta_4 DUM_FRONT_{it} + \beta_5 DUM_SURGOL_{it} \\ & + \beta_6 DUM_OCCI_{it} + \beta_7 DUM_CENORTE_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{it} = & \beta_0 + \beta_1 ied_{it} + \beta_2 edu_{it} + \beta_3 DUM_DF_{it} \quad (10) \\ & + \beta_4 DUM_FRONT_{it} + \beta_5 DUM_SURGOL_{it} \\ & + \beta_6 DUM_OCCI_{it} + \beta_7 DUM_CENORTE_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

donde y_{it} y el conjunto de variables x son como se definió anteriormente; además, DUM_DF_{it} , DUM_CENTRO_{it} , DUM_FRONT_{it} , DUM_SURGOL_{it} , DUM_OCCI_{it} y $DUM_CENORTE_{it}$ son variables

dummy para el Distrito Federal, la región centro del país, los estados de la frontera norte, los estados del sur y golfo, los estados de occidente y los estados del centro-norte, respectivamente.

En la ecuación (9) hemos excluido el Distrito Federal, mientras que en la ecuación (10) fue la región centro, por lo que la contribución marginal de cada región viene recogida por sus respectivos términos constantes. La idea de las ecuaciones (9) y (10) es probar si el resto de regiones difiere significativamente, en términos de innovación, del Distrito Federal y de los estados del centro, ya que ambos registran mayor cantidad de patentes. De esta manera podemos también contar con estimaciones de la magnitud y efecto de las inversiones foráneas y la educación, sin que se hallen condicionadas al elevado número de patentes (comparativamente con el resto de entidades) registrado en los estados del centro y el Distrito Federal, ya que, tal y como sugieren Hernández y Díaz (2007), la innovación en México puede ser mejor explicada si se considera en los métodos de estimación el efecto de la concentración regional.

En la gráfica 2 presentamos la división política de México a nivel de entidad federativa e identificamos la clasificación regional usada en nuestro trabajo. Aunque prevalecen distintos criterios de regionalización en los estudios sobre México, el que utilizamos está basado en un criterio de colindancia geográfica, que resulta atractivo cuando el objetivo es estudiar el impacto de diversas variables según la localización geográfica de las entidades.⁴

6. Resultados

Los resultados obtenidos con la ecuación (8) para ambos modelos de regresión, Poisson y binomial negativo, se muestran en el cuadro 2. Los coeficientes estimados presentan el comportamiento esperado, es decir, tanto el coeficiente de la variable de inversión foránea como el de la educación tienen un efecto positivo y altamente significativo sobre la innovación. Aunque ambos modelos estiman un impacto en

⁴ Cada región está integrada por los siguientes estados: frontera norte (Baja California, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas), Distrito Federal (Distrito Federal), sureste y golfo (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán), centro (Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala), occidente (Colima, Guanajuato, Jalisco, y Michoacán) y centro-norte (Aguascalientes, Baja California Sur, Durango, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa y Zacatecas).

la misma dirección, presentan algunas diferencias importantes, principalmente en la magnitud del coeficiente. El modelo binomial negativo, por ejemplo, hace un ajuste considerable de los efectos estimados, ya que, a diferencia del modelo de Poisson, busca tomar en cuenta la sobredispersión presente en los datos. En general, puede deducirse que el ajuste de los modelos es bastante bueno, ya que los estadísticos *pseudo R*², que nos permiten comparar la bondad de ajuste de cada modelo, fueron de 54% y 83%, respectivamente.

Gráfica 2

Mapa de la división política de México y sus regiones



1. Baja California, 2. Baja California Sur, 3. Sonora, 4. Chihuahua, 5. Coahuila, 6. Nuevo León, 7. Tamaulipas, 8. Sinaloa, 9. Durango, 10. Zacatecas, 11. San Luis Potosí, 12. Nayarit, 13. Jalisco, 14. Aguascalientes, 15. Guanajuato, 16. Querétaro, 17. Hidalgo, 18. Veracruz, 19. Colima, 20. Michoacán, 21. México, 22. Tlaxcala, 23. Guerrero, 24. Distrito Federal, 25. Morelos, 26. Puebla, 27. Oaxaca, 28. Chiapas, 29. Tabasco, 30. Campeche, 31. Yucatán y 32. Quintana Roo. Fuente: Elaborado con el programa de econometría espacial GeoDa.

En la parte inferior del cuadro 2 hemos incluido un conjunto de contrastes habituales de sobredispersión, éstos son el log-verosimilitud, la razón de verosimilitud y el criterio Hannan-Quinn. Con los tres contrastes se llega al claro rechazo del modelo de Poisson frente al binomial negativo, de manera tal que basaremos la interpretación de los coeficientes con este último modelo.

El coeficiente estimado de la variable inversión foránea de alrededor de 1.48 indica que, por cada dólar per cápita que se incrementen las inversiones foráneas en un estado, el valor promedio de Y (la solicitud de patentes) estaría creciendo en alrededor de 148%. Mientras tanto, el coeficiente estimado para la variable educación indica que el valor promedio de las patentes solicitadas por entidad se eleva en un 54% por cada año adicional de escolaridad que registren los estados. Debido a que aumentar en un año más la escolaridad es más difícil de conseguir en el corto plazo, también podemos interpretar el coeficiente indicando que, por cada décima de aumento en la educación promedio de un estado, se tendría como efecto un incremento del valor promedio de las patentes solicitadas de alrededor del 5.4%.

Cuadro 2

Determinantes de la innovación sin dummies regionales

<i>Variable</i>	<i>Poisson</i>	<i>Binomial negativo</i>
Constante	-4.3714*** (0.1420)	-1.9679*** (0.5467)
Inversión extranjera directa	0.7203*** (0.0269)	1.4811*** (0.3577)
Educación	0.8611*** (0.0175)	0.5403*** (0.0753)
<i>Pseudo R² (índice LR)</i>	0.54	0.83
<i>Contrastes de sobredispersión</i>		
Log-Verosimilitud	-3,668.4	-1,366.8
Razón de verosimilitud (RV)	8,445.6	13,048.8
Hannan-Quinn	17.7	6.6

Nota: ***variables significativas al 1%, errores estándar entre paréntesis.

Los resultados anteriores sugieren que tanto las inversiones foráneas como la educación son factores relevantes del proceso de innovación regional en México, sin embargo, debido a problemas de heterogeneidad no observada estos resultados podrían estar sobrevalorados

si no tomamos en cuenta el hecho de que la solicitud de patentes es un proceso altamente concentrado en el Distrito Federal y la región centro principalmente. Para investigar la relevancia de la distribución geográfica de la innovación en México hemos estimado las ecuaciones (9) y (10), mismas que presentamos en el cuadro 3.

En general, los resultados del cuadro 3 muestran que hay un ajuste importante de las variables incluidas en el modelo a los cambios ocurridos en la media de la variable dependiente. Se puede ver que, para el caso del modelo binomial negativo, el coeficiente de determinación fue estimado en un valor igual a 84%. También se aprecia que las variables son altamente significativas, excepto en algunos pocos casos. Por otro lado, los contrastes de sobredispersión indican que hay mejores resultados cuando se utiliza el modelo binomial negativo, es decir, ellos estiman que la sobredispersión es importante por lo que hay una inclinación general hacia dicho modelo.

Cuadro 3

Determinantes de la innovación con dummies regionales

Variable	Ecuación (9)		Ecuación (10)	
	Poisson	B-N	Poisson	B-N
Constante	-.8335*** (.2277)	.1700 (.7637)	-1.7261*** (.1843)	-.6125 (.5803)
IED	.1749*** (.0351)	.6945* (.3656)	.1749*** (.0351)	.6945* (.3656)
Educación	.5988*** (.0235)	.4473*** (.0759)	.5988*** (.0235)	.4473*** (.0759)
Dummy D.F.			.8926*** (.0655)	.7826* (.4128)
Dummy Centro	-.8925*** (.0655)	-.7826* (.4129)		
Dummy Frontera norte	-1.5501*** (.0532)	-1.5358*** (.3558)	-.6575*** (.0438)	-.7532*** (.1780)
Dummy Sur-Golfo	-2.2457*** (.0911)	-2.0857*** (.4423)	-1.3531*** (.0650)	-1.3032*** (.1675)
Dummy Occidente	-.7649*** (.0739)	-.7121* (.4276)	.1277*** (.0447)	.0705 (.1713)
Dummy Centro-Norte	-2.7644*** (.0851)	-2.5735*** (.4172)	-1.8718*** (.0684)	-1.7909*** (.1571)

Cuadro 3
(continuación)

Variable	Ecuación (9)		Ecuación (10)	
	Poisson	B-N	Poisson	B-N
Pseudo R ² (índice LR)	0.70	0.84	0.70	0.84
<i>Contrastes de sobredispersión</i>				
Log-verosimilitud	-2,396.1	-1,281.7	-2,396.1	-1,281.7
Razón de verosimilitud (RV)	10,990.1	13,219.0	10,990.1	13,219.0
Hannan-Quinn	11.6	6.2	11.6	6.2

Notas: B-N indica modelo binomial-negativo, ***variables significativas al 1%, **variables significativas al 5%, *variables significativas al 10, errores estándar entre paréntesis.

Basados en el modelo binomial-negativo podemos ver que, el Distrito Federal tiene un fuerte impacto, como se esperaba, en el registro nacional de patentes (ecuación 9); ya que todas las variables *dummy* de región geográfica estimaron un coeficiente negativo, indicando que el resto de entidades federativas tiene una contribución marginal menor, en términos de innovación, a la del Distrito Federal. Ahora podemos ver que, condicionados a las variables *dummy*, los coeficientes estimados de inversión foránea y educación son de menor magnitud, pero siguen siendo estadísticamente significativos. El coeficiente estimado de la variable inversión foránea indica incrementos del valor promedio de Y (la solicitud de patentes) de alrededor del 69% por cada dólar per cápita de inversiones foráneas que llegan a un estado. Mientras que la educación tendría un efecto sobre la innovación de alrededor del 45% por cada año adicional de escolaridad de los estados o, alternativamente, de 4.5% por cada décima de aumento en los niveles de escolaridad promedio.

Una visión de las diferencias geográficas existentes en cuanto a innovación, desde la perspectiva de la región centro, se obtiene al excluir la *dummy* de esa región (ecuación (10)). Debido a que no hay alteraciones en el modelo, la contribución marginal estimada de la inversión foránea y la educación es la misma que se obtuvo con la ecuación (9), por lo que, en este caso, las diferencias en las estimaciones de ambas ecuaciones se reducen a los coeficientes de las variables *dummy*. La contribución marginal del Distrito Federal se ha

estimado positiva y significativa, como se esperaba, indicando un nivel de innovación superior respecto al registrado por la región centro. Por otro lado, las regiones frontera norte, sur-golfo y centro-norte tienen un nivel de innovación relativamente menor al de la región centro al obtenerse coeficientes negativos y significativos, lo que constituye evidencia de que la región centro también mantiene niveles de innovación superiores a las del resto de entidades. En el caso de la región occidente observamos que el coeficiente estimado por el modelo B-N fue no significativo, por lo que en este caso se puede concluir, con base en la evidencia empírica, que las diferencias de innovación entre el centro y el occidente no son tan importantes.

Desde las especificaciones (9) y (10) se puede concluir, por tanto, que la innovación regional en México se encuentra altamente concentrada en los estados geográficamente pertenecientes al centro y, en menor medida, en el occidente. Además, este proceso de innovación regional parece estar positivamente influido por los niveles de inversión extranjera y el nivel de capital humano, medido a través de la escolaridad.

La introducción de variables *dummy* al modelo permitió suavizar el sesgo producido por la heterogeneidad presente en los datos, al tener estados con una cantidad relativamente mayor en cuanto a niveles de inversión e innovación. De esta manera, el efecto de los determinantes de la innovación, como las inversiones foráneas y la educación, no es artificialmente sobrestimado: las ecuaciones (9) y (10) estiman un efecto de la inversión foránea de alrededor del 69% (en comparación al 148% obtenido desde el cuadro 2), mientras que la educación impacta en un valor cercano al 45% (54% desde el cuadro 2).

7. Conclusiones

De los resultados de este trabajo se puede inferir que tanto la IED como la educación son factores importantes en el proceso innovador de México. En particular, las estimaciones obtenidas con la variable educación (medida a través de la escolaridad promedio) proporcionan evidencia empírica suficiente de su vinculación con otras variables de la innovación, generalmente discutidas en la teoría del crecimiento endógeno.

En México la innovación adquiere una forma muy peculiar al estar fuertemente concentrada en el Distrito Federal y los estados que conforman las regiones centro y occidente del país. Una probable explicación para este comportamiento es que un factor altamente determinante del proceso innovador del país es la IED, cuya captación

también está muy concentrada en esas regiones. La educación, que de acuerdo con la teoría del crecimiento económico resulta ser una variable determinante en el proceso de innovación de las empresas, en este ensayo se estimó en magnitudes significativas. Sin embargo, otras formas de medir la educación, como el gasto educativo en educación superior, no tuvieron los resultados teóricamente esperados.

El análisis conducido permite concluir que, el sistema de patentes, es una vía atractiva para explicar algunos aspectos de la dinámica de la innovación y la transferencia tecnológica a nivel de los estados de nuestro país. Entre los hallazgos más importantes de la actividad innovadora en México es que, ésta se halla estrechamente vinculada al capital externo recibido en calidad de inversión en el país. Lo que significa que, existe una alta correlación entre captación de inversión extranjera y capacidad de innovación. A mayor captación de inversiones foráneas, mayor capacidad de innovación tendrá entonces una entidad. Este resultado es indicativo de que las entidades federativas de México, más que innovar, se hallan en un proceso de “aprendizaje tecnológico” y de adaptación de tecnologías nuevas al proceso productivo de sus economías.

En México, la geografía de la innovación parece replicar a los patrones en los flujos de la inversión extranjera directa y en la acumulación de capital humano, medida por la escolaridad promedio. Este resultado coincide con los hallazgos de muchos otros autores. Por ejemplo, Chiquiar (2005) infiere que el cambio estructural en los patrones de crecimiento económico ha sido inducido por nuevos elementos, tales como los flujos comerciales y de inversión pública. De esta forma, las disparidades regionales pueden explicarse por el diferente grado de adaptación a las nuevas reglas del juego: normalmente, los estados ganadores del proceso de apertura son aquellos que cuentan con una mejor infraestructura para el desarrollo, así como con mayores dotaciones de capital físico y humano para la producción. En este mismo sentido, Mollick, Ramos y Silva (2006) encuentran que la infraestructura “internacional” (concentración de líneas telefónicas) y la industrialización (aglomeración económica) han sido los factores que explican los flujos crecientes de IED hacia México en el periodo 1994-2001. El área metropolitana de la ciudad de México y las entidades del centro son los espacios geográficos con mayor aglomeración en muchos aspectos (población, actividad económica, infraestructura física, etc.) y, por tanto, también atraen mayores flujos de IED. Lo anterior invita a pensar que la actividad innovadora de las regiones en México se encuentra condicionada, de alguna forma, por los flujos de la IED y por la acumulación de capital humano.

Una posible línea de investigación que puede resultar bastante sugerente es construir una función de producción del conocimiento en la cual la capacidad innovadora, medida como el coeficiente de inventiva o solicitudes de patentes, sea introducida en el modelo como una variable dependiente de diversas variables explicativas, tales como la producción per cápita, la IED, la educación y la competitividad de cada estado.

Bibliografía

- Acs, Z., L. Anselin y M. Feldman (1994). R&D Spillovers and Recipient Firm Size, *The Review of Economics and Statistics*, vol. 76, núm. 2, 336-340.
- Anselin, Luc (2005). *Programa de econometría espacial GeoDa*, disponible en <http://sal.agecon.uiuc.edu/>.
- Barro, R. (1990). Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth, *Journal of Political Economy*, vol. 98, núm 5, 103-126.
- Cameron, A. C. y P. K. Trivedi (1986). Econometric Models Based on Count Data: Comparisons and Applications of the some Estimators and Tests, *Journal of Applied Econometrics*, 1, 29-53.
- Capdevielle, M. (2003). Composición tecnológica de la industria manufacturera mexicana, en J. Aboites y G. Dutrénit (Comps.), *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*, Universidad Autónoma Metropolitana-Porrúa, México.
- Chiquiar, D. (2005). Why Mexico's Regional Income Convergence Broke Down, *Journal of Development Economics*, 77, 257-275.
- Cisneros, S. (2005). Articulación de conocimientos para la innovación tecnológica y condiciones de desarrollo económico, *Análisis Económico*, vol. 20, núm. 44, 35-61.
- Coronado, D. y M. Acosta (1997). Spatial Distribution of Patents in Spain: Determining Factors and Consequences on Regional Development, *Regional Studies*, vol. 31, núm 4, 381-390.
- Conacyt-INEGI (2004). *Encuesta nacional de innovación 2001*, (mimeo).
- Fritsch, M. (2002). Measuring the Quality of Regional Innovation Systems: a Knowledge Production Function Approach, *International Regional Science Review*, vol. 25, núm. 1, 86-101.
- Greene, W. H. (2000). *Econometric Analysis*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Greunz, L. (2003). Geographically and Technologically Mediated Knowledge Spillovers Between European Regions, *The Annals of Regional Science*, vol. 37, núm. 4, 657-680.
- Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth, *Bell Journal of Economics*, vol. 10, núm. 1, 92-116.

- Grossman, G. y E. Helpman (1994). Endogenous Innovation in the Theory of Growth, *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, núm. 1, 23-44.
- (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*, The MIT Press, Cambridge.
- (1990). Trade, Innovation and Growth, *The American Economic Review*, vol. 80, núm. 2, 86-91.
- Gujarati, D. (2003). *Econometría*, McGraw Hill Interamericana, México.
- Gurmu, S. y P. K. Trivedi (1992). Overdispersion Tests for Truncated Poisson Regression Models, *Journal of Econometrics*, 54, 347-370.
- Hernández, S. y E. Díaz (2007). La producción y el uso del conocimiento en México y su impacto en la innovación: análisis regional de las patentes solicitadas, *Análisis Económico*, vol. 22, núm. 50, 185-217.
- Hernández, C. (2002). La teoría del crecimiento endógeno y el comercio internacional, *Cuadernos de Estudios Empresariales*, 12, 95-112.
- INEGI (2000). *XII Censo general de población y vivienda*, México.
- (1990). *XI Censo general de población y vivienda*, México.
- (2005). *Conteo de población y vivienda*, México.
- (1995). *Conteo de población y vivienda*, México.
- Jaffe, A., M. Trajtenberg y R. Henderson (1993). Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations, *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, núm. 3, 577-598.
- Jaffe, A. (1989). Real Effects of Academic Research, *The American Economic Review*, vol. 79, núm. 5, 957-970.
- Johnson, N. y S. Kotz (1993). *Distributions in Statistics: Discrete Distributions*, John Wiley and Sons, New York.
- Lucas, R. (1988). On the Mechanics of Economic Development, *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, núm. 1, 3-42.
- MacPherson, A. (2002). The Contribution of Academic-Industry Interaction to Product Innovation: The Case of New York State's Medical Device Sector, *Papers in Regional Science*, 81, 121-129.
- Mairesse, J. y P. Mohnen (2003). *R&D and Productivity: A Reexamination in Light of the Innovation Surveys*, Summer Conference 2003 on Creating, Sharing and Transferring Knowledge. The Role of Geography, Institutions and Organizations, DRUID.
- Mollick, A. V., R. Ramos y E. Silva (2006). Infrastructure and FDI Inflows Into Mexico: A Panel Data Approach, *Global Economy Journal* vol. 6(1), Article 6, 1-27.
- Pérez, M. P., G. Dutrénit y F. Barceinas (2004). *Actividad innovadora y desempeño económico de las empresas mexicanas*, documento presentado en el VI taller de indicadores de ciencia y tecnología, Buenos Aires, septiembre.
- Piergiovanni, R. y E. Santarelli (2001). Patents and the Geographic Localization of R&D Spillovers in French Manufacturing, *Regional Studies*, vol. 38, núm. 8, 702-2001.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, vol. 98, núm. 5, 71-102.
- (1986). Increasing Returns and Long Run Growth, *Journal of Political Economy*, vol. 94, núm. 5, 1002-1037.

- Rózga, R. (2002). Hacia una geografía de la innovación en México, *Nueva Antropología*, vol. 18, núm. 60, 29-46.
- Sjöhlom, F. (1997). Knowledge Inflow to Sweden. Does Geography and International Trade Matter?, en J. Fagerberg, *et al.* (Comps.), *Technology and International Trade*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.
- Sjöhlom, F. (1996). International Transfer of Knowledge: the Role of International Trade and Geographic Proximity, *Review of World Economics (Weltwirtschaftliches Archiv)*, vol. 132, núm. 1, 97-115.
- Sun, Y. (2000). Spatial Distribution of Patents in China, *Regional Studies*, vol. 34, núm. 5, 441-454.
- Winkelmann, R. (2008). *Econometric Analysis of Count Data*, Springer-Verlag, Berlín.
- Zucker, L., M. Darby y J. Armstrong (2000). *University Science, Venture Capital, and the Performance of US Biotechnology Firms*, University of California, Los Angeles (mimeo).