

Redes de conocimiento en empresas de la industria electrónica en México: una propuesta metodológica*

*María Guadalupe Calderón Martínez ***
*Joaquín Flores Paredes ****

RESUMEN

En este artículo se estudia la posición de empresas del sector de la electrónica en México dentro de una red de conocimiento. La metodología propuesta utiliza las citas de patentes y la teoría del análisis de redes para definir dicha posición. De acuerdo con los resultados de la investigación, es posible determinar que los actores centrales de la red, por el número de citas que se hacen de sus patentes, son empresas multinacionales que protegen sus invenciones en México. Los estados donde principalmente se ubican sus filiales son Chihuahua y Baja California, en coincidencia con una importante presencia de empresas mexicanas, pero que no figuran en la red. Una limitante detectada en la utilización de citas de patentes es la diferencia entre los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes y otras clasificaciones de la actividad económica, por lo que pueden aparecer empresas que aparentemente no se clasificarían en el sector de análisis.

Palabras clave: industria electrónica en México, redes, patentes, conocimiento.

Clasificación JEL: O32.

ABSTRACT

This article examines the position of leading companies in the electronics sector in Mexico within a knowledge network. The proposed methodology uses citations between patents and the theory of network analysis. According to the investigation results the key players in the network by the number of citations that their patents received are multinational companies that protect their inventions in Mexico. The states where these subsidiaries are especially located are Chihuahua and Baja California, which also coincides with a significant presence of Mexican companies, but not listed in the network. One detected limitation in the use of patent citations is the difference between the codes of the International Patents Classification and other classifications of economic activity, so it can appear companies that are not included in the sector.

Keywords: electronics industry in Mexico, networks, patents, knowledge.

JEL classification: O32.

* Fecha de recepción: 19/10/2011. Fecha de aprobación final: 20/09/2012.

** Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Sociales. Correo electrónico: mgcalderon@comunidad.unam.mx.

*** Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Sociales. Correo electrónico: jflores@unam.mx.

INTRODUCCIÓN¹

La industria electrónica se ha convertido en un pilar del desarrollo económico y social. Por un lado, al tener un efecto horizontal en toda la economía, influye en el desempeño de otros ramos y la competitividad. Por otro, los sectores que convergen en esta industria son parte importante de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), las cuales están dando lugar a nuevas formas de organización social y productiva en todo el mundo.

En México es una de las industrias más dinámicas de la economía, sin embargo, su mayor crecimiento se refleja en el ámbito de los servicios, pues es escasa la presencia de empresas de capital mexicano en la generación de resultados originales de investigación y, por ende, en la transferencia tecnológica.

Un aspecto importante de este fenómeno es el lugar que los agentes ocupan dentro de un ámbito tecnológico, ya que una posición favorable puede aumentar las oportunidades de entrada al mercado, así como su participación y permanencia en éste. En el presente texto se analizará la posición de las empresas, desde el punto de vista de los flujos de conocimiento, en el ámbito de la concentración sectorial.

A partir de las empresas del sector que se encuentran en los diez primeros lugares de la titularidad de patentes en México, se tiene como objetivo de investigación encontrar una metodología para medir su posición dentro de una red de conocimiento. En sectores de alta tecnología, una forma común de establecer este tipo de indicadores es analizar los flujos de conocimiento a través de las citas de patentes.

Dado que dichos flujos pueden encontrarse en distintas formas a lo largo de las etapas del proceso de innovación, recurrimos para su análisis a la información contenida en las patentes. La idea de utilizar los datos de las patentes para la investigación económica empieza con propuestas de autores como Schmookler (1966), Scherer (1982) y Griliches (1984, 1990). Desde esta perspectiva, las patentes constituyen una fuente de datos potencialmente fructífera para establecer nexos entre invenciones, inventores, científicos, instituciones, países, etc. (Maspens y Escorsa, 2004). Además de lo que revela su recuento, la información que contienen permite identificar derramas y flujos de conocimiento (Caballero y Jaffe, 1993; Jaffe, Trajtenberg y Henderson, 1993 y Trajtenberg, 1990), y hace fac-

¹ Los autores desean agradecer al doctor Gerardo Sánchez Ambriz, así como a los evaluadores de *Economía: Teoría y Práctica*, por sus valiosos comentarios sobre este artículo.

tible la construcción de otros indicadores para medir el impacto tecnológico (Hall, Jaffe y Trajtenberg, 2002; Jaffe, 1986).

Con el propósito de identificar mejores formas para estimar la posición de una empresa desde el punto de vista del conocimiento, el presente artículo toma la metodología del análisis de redes para esquematizar las trayectorias tecnológicas. Este método fue originalmente utilizado para describir vínculos sociales y las citas en publicaciones, sin embargo, puede ser aplicable a las citas contenidas en las patentes. Esta metodología ha sido utilizada con éxito en varios análisis de redes de patentes (Verspagen, 2007; Fontana, Nuvolari y Verspagen, 2009; Barbera, Jiménez y Castelló, 2010), sin embargo, la novedad de esta investigación radica en que el nivel de análisis es la empresa.

El planteamiento del presente artículo es que las empresas mexicanas de la industria electrónica no tienen un papel central en las redes de conocimiento del país, ya que esta posición se encuentra ocupada por las grandes compañías de capital extranjero. Este fenómeno puede obedecer a la escasa capacidad de absorción del tejido productivo o al escaso nivel de novedad de los resultados de investigación que llegan a patentarse. Para explorarlo proponemos hacer uso de las citas que se hacen de las patentes con protección en México y de esta forma ubicar quiénes son los actores centrales de la red.

Por lo tanto, como objetivos particulares de investigación se plantean: a) comprobar si el análisis de redes puede predecir la posición de una empresa desde el punto de vista del conocimiento, tomando como base el análisis de las citas de patentes y b) proponer una adaptación del análisis de redes para describir la posición tecnológica de las empresas desde la perspectiva regional.

Este artículo se organiza en cinco secciones: primero se describe el contexto de la industria electrónica en México y se toca la presencia predominante de las empresas extranjeras en distintas regiones del país y cuáles son sus características respecto a la innovación. En seguida, en la segunda, se aborda el marco conceptual del análisis de redes y se trata la importancia del posicionamiento de las empresas en una red tomando como referencia sus aportaciones desde el punto de vista del conocimiento al ámbito tecnológico del sector. En un tercer apartado, se expone la metodología del análisis de las citas de patentes de acuerdo a los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) correspondientes a la industria electrónica, así como las bases de datos consultadas para obtener información sobre las patentes de las empresas seleccionadas y los índices para detectar los vínculos entre éstas, en particular los que atañen a las patentes en la industria electrónica en México. En cuarto lugar, la sección de resultados y discusión se

ocupa del diseño de redes para tres períodos de análisis: 1995, 2000 y 2005. Una vez fijada la configuración de las tres redes, trasladamos su enfoque de núcleo y periferia para ubicar la posición de las empresas en la red del conocimiento. Finalmente, en el apartado de conclusiones, se hace referencia a la hipótesis planteada y al cumplimiento de los objetivos de acuerdo a los resultados de investigación.

I. LA INDUSTRIA ELECTRÓNICA EN MÉXICO

En México, el marco institucional de la ciencia y la tecnología es reciente y surge con las características de una política gubernamental ante la necesidad de contar con una estructura educativa de alto nivel y personal especializado para enfrentar los retos del desarrollo del país. Las redes de conocimiento se han impulsado principalmente desde las universidades, los centros de investigación y las políticas públicas, mientras que el mercado y los agentes de enlace han tenido poca participación (Casas, 2001).

De acuerdo con Ordóñez (2012), a diferencia de los países asiáticos, México se integra a la división internacional del trabajo del sector electrónico-informático y de las telecomunicaciones (SEIT) por una vía en la que la acción del Estado en la reproducción y el desarrollo económicos se expresa en el abandono del intervencionismo y la reducción de la capacidad de gestión y regulación estatal, lo que deja al proceso de reproducción y acumulación interna de capital totalmente expuesto a las fuerzas del mercado mundial globalizado.

Junto a estos rasgos comunes en todo el entorno nacional, referentes a ciertos antecedentes del desarrollo industrial, se perciben diferencias importantes en cuanto al tejido empresarial, su especialización productiva y las formas de interacción entre las empresas. La industria nacional busca concentrar los esfuerzos públicos y privados hacia la construcción de condiciones para la formación de una masa crítica de empresas. Sin embargo, las debilidades regionales en la formación de redes de innovación pueden contribuir a obstaculizar la construcción de un ambiente favorable.

En este sentido la integración a la división internacional del trabajo del SEIT se ha llevado a cabo a partir de los siguientes fundamentos (o su ausencia): 1) apertura comercial indiscriminada y promoción de la inversión extranjera directa a partir de ventajas competitivas de orden inferior, como bajos costos salariales, niveles medios-bajos de calificación de la fuerza de trabajo y localización geográfica; 2) fortalecimiento de los monopolios privados ante el abandono del

intervencionismo y la pérdida de capacidad de gestión y regulación estatal; 3) ausencia de promoción de procesos de aprendizaje e innovación basados en el desarrollo de trabajo complejo; 4) ausencia de políticas activas de promoción del desarrollo de industrias y sectores específicos; 5) ausencia de políticas de integración de redes productivas, así como falta de motivación por parte de la empresa nacional para la conformación de estas redes (Ordóñez, 2012).

En México, las compañías tienen un tamaño menor al del promedio internacional, que es de 250 empleados (INEGI, 2009), y se detectan grandes desigualdades entre ellas. En la industria de la electrónica, junto a un grupo de grandes empresas, sobre todo extranjeras y algunas nacionales, las pymes prestan principalmente servicios a la medida, su nivel tecnológico es bajo con respecto a la frontera tecnológica y sus propietarios tienen bajas capacidades gerenciales. Sus trabajadores tienen escasa formación tecnológica y ponen poco énfasis en la capacitación.

De esta forma, se ve limitada la absorción de las derramas de conocimiento que pueden verter las grandes empresas en el entorno. Respecto a las grandes empresas de capital nacional, éstas se limitan por lo general a la compra de tecnología proveniente del exterior, por lo que el nivel de novedad de los resultados de la investigación propia es bajo.

Debido a la falta de datos subnacionales, no es posible comparar cuantitativamente a los estados mexicanos en cuanto a innovación regional. Como el gasto en investigación y desarrollo por actor no está disponible, el uso de algunos programas nacionales se aprovecha como valor sustitutivo aproximado. En este análisis se usaron los resultados de *Estudios de la OCDE de innovación regional. 15 estados mexicanos* (OCDE, 2009) y las entidades seleccionadas se agruparon en categorías que describen el tipo de activos para la innovación (véase cuadro 1).

En esta categorización destacan Chihuahua, el Estado de México, Jalisco y Nuevo León por su intensa actividad industrial. En México, como en otros países, se da prioridad a ciertos grupos de sectores, a menudo estipulados en los planes de desarrollo, que sin embargo tienden a ser generales y fragmentados. En los mencionados *Estudios de la OCDE de innovación regional*, se sintetizan las prioridades sectoriales a partir de documentos oficiales de los diferentes estados seleccionados.

De acuerdo con estos resultados, de los que priorizan la industria electrónica en México, Chihuahua y Nuevo León tienen una intensa actividad industrial y capacidad de innovación.

Cuadro 1. Categorización de los estados por tipo de activos para la innovación

Categoría	Estado	Descripción
Ciencia, tecnología e innovación intensiva y diversificada	Guanajuato	Características científicas fuertes con recursos humanos idóneos, universidades públicas y privadas de prestigio y programas de posgrado así como centros de investigación del CONACYT. Industria diversificada en sectores maduros y de alta tecnología, fuerte relación entre el CONACYT y otras entidades públicas, participación alta en casi todos los programas del CONACYT.
Intensa actividad industrial, innovación	Chihuahua Estado de México Jalisco Nuevo León	Fuerte actividad industrial y alta utilización de programas relacionados con la innovación. Algunas universidades importantes pero pocos centros de investigación públicos.
Aumento de aptitudes científicas y tecnológicas	Aguascalientes Coahuila Puebla Querétaro San Luis Potosí	Presencia de centros de investigación del CONACYT y de consejos de ciencia y tecnología activos. Menor participación en los fondos nacionales relacionados con la innovación, a diferencia de los relacionados con aspectos científicos.
Fuertes aptitudes científicas, menor desempeño en innovación	Michoacán Yucatán	Fuerte comunidad científica con una elevada cantidad de investigadores en el SNI, pero menor aplicación de esa investigación a las necesidades económicas (son estados más agrícolas que otros). Éxito en las convocatorias de proyectos de fondos nacionales para investigación básica.
Potencial sin explotar en ciencia, tecnología e innovación	Colima Tamaulipas Zacatecas	Estos estados no tienen grandes medios relacionados con las ciencias básicas y han conseguido menos recursos nacionales tanto de los fondos para la innovación como de los destinados a la ciencia, debido en parte a lo nuevo de los consejos de ciencia y tecnología en varios de ellos.

Fuente: OCDE (2009).

Como se ha mencionado, las patentes pueden considerarse como un indicador imperfecto, sin embargo, en la investigación económica es ampliamente aceptado su uso no sólo a través de su recuento sino de la exploración de la información que contienen (Gambardella, Harhoff y Verspagen, 2008). Las citas que aparecen en los documentos de patentes han sido utilizadas con diversos propósitos. De forma muy general, los trabajos que recurren a ellas se han centrado en dos cuestiones: a) estudiar la naturaleza y dirección de las externalidades del conocimiento y b) inferir la calidad o importancia de la invención citada (Hall, Ja-

ffe y Trajtenberg, 1999). Por ello, en esta investigación las citas se interpretan como flujos de conocimiento que surgen de aquellas patentes esenciales que implícitamente han dado lugar a otras.

Una primera ubicación de las ramas que componen la industria de la electrónica en México se realizó con base en el Directorio Nacional de Unidades Económicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), con información de 2008, para la posterior ubicación de las empresas de acuerdo con los códigos del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Asimismo realizamos la equivalencia de las actividades productivas a la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) para efectuar la consulta a las bases de datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), como se muestra en el cuadro 2.

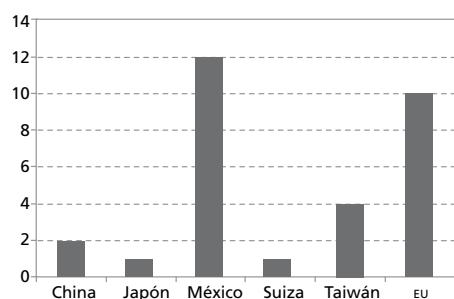
Cuadro 2. *Composición de las actividades productivas de la industria electrónica*

Actividades productivas	SCIAN_02	Equivalencia CIP
Computadoras y equipo periférico		
Fabricación de computadoras y equipo periférico	334110	G06; G11C; G10L
Equipo de comunicaciones		
Fabricación de equipo telefónico	334210	G08C; H01P, Q; H03B, C, D,
Fabricación de equipo de transmisión y recepción de señales de radio, televisión y cable	334220	H, K, L, M; H04B, H, J, K, L, M, N-001, -007, -011, Q
Fabricación de otros equipos de comunicaciones	334290	
Equipo de audio y de video		
Fabricación de equipo de audio y de video	334310	G09F, G; G11B; H03F, G, J; H04N-003, -005, -009, -013, -015, -017, R, S
Componentes electrónicos		
Fabricación de componentes electrónicos	334410	H011, B81
Instrumentos de precisión		
Fabricación de relojes	334511	G01B, C, D, F, G, H, J, K, L, M, N, P, R, S, V, W; G04; G05B, D;
Fabricación de otros instrumentos de navegación, medición, médicos y de control	334519	G07; G08B, G; G09B, C, D; G12
Fabricación y reproducción de medios magnéticos y ópticos		
Fabricación y reproducción de medios magnéticos y ópticos	334610	G02; G03B, C, D, F, G, H; H01S

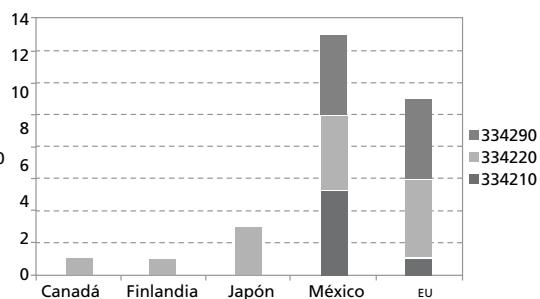
Fuente: Elaboración propia basada en Ordóñez (2012), INEGI (2008) (rama Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos) y Schmoch (2008).

Para obtener el listado de empresas del sector se consultó el Directorio Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2008). En seguida, se examinó la información corporativa por entidad para determinar el origen del capital. Se realizó un filtro para seleccionar sólo empresas medianas y grandes (243), por considerar que son más proclives a patentar. En las gráficas 1 a 6, se observan las empresas por rama y país de origen.

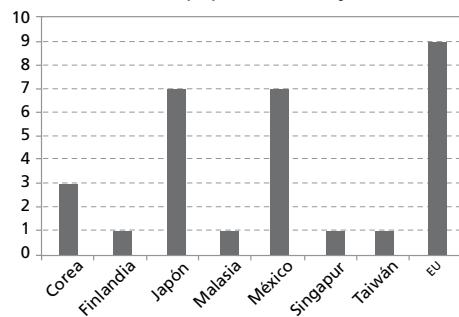
Gráfica 1. Computadoras y equipo periférico



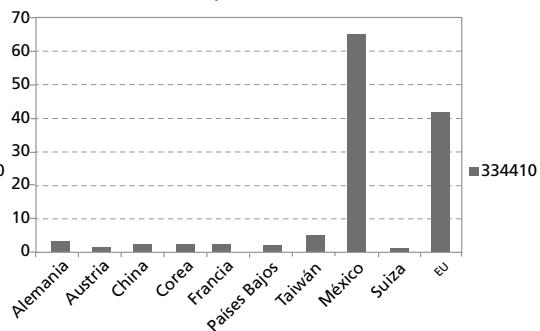
Gráfica 2. Equipo de comunicaciones



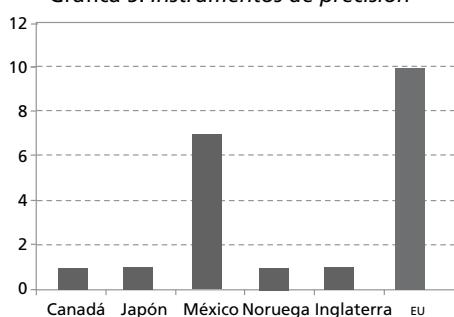
Gráfica 3. Equipo de audio y de video



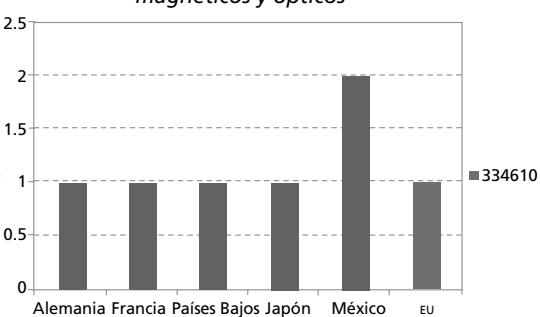
Gráfica 4. Componentes electrónicos



Gráfica 5. Instrumentos de precisión



Gráfica 6. Fabricación y reproducción medios magnéticos y ópticos



De dichas gráficas se desprende que el mayor número de empresas pertenecen al ramo de Componentes electrónicos (124) y en seguida destaca el de Equipo de comunicaciones (31). Sobresalen en número las empresas cuyo capital es de origen mexicano (108), estadunidense (82) y japonés (18).

Para vincular a las empresas con la entidad federativa donde se ubican, se utilizaron los códigos SCIAN. En el cuadro 3 se incluye el país de origen de esas empresas. Este tipo de plantas se han concentrado en distintas regiones del país, lo que ha permitido el desarrollo de conglomerados (*clusters*) industriales en las zonas norte, occidente y centro del país. Sin embargo, en el análisis se aprecia que los estados con mayor concentración son Baja California y Chihuahua, con una importante presencia de entidades multinacionales y de capital mexicano en las subramas de Equipo de audio y video y Componentes electrónicos.

Durante la década de los noventa la industria electrónica en México vivió su mayor auge. En esos años se establecieron, además de una gran cantidad de empresas ensambladoras, compañías que generaron inversiones en áreas de proveeduría como plástico, metálicos, cables, arneses y empaques. Además de los factores internos y externos que de forma coyuntural impulsaron el desarrollo de la industria electrónica durante la década de los noventa, existen ventajas competitivas que le han permitido a México colocarse como un centro estratégico de producción, tales como su dinámica demográfica, su ubicación geográfica y los tratados comerciales que ha suscrito.

Dado que uno de los rubros con mayor presencia entre las empresas mexicanas es la maquila de componentes electrónicos, parece que las competencias esenciales permanecen en las capacidades de producción y no en la generación de conocimiento. La industria electrónica mexicana sigue dependiendo, en gran medida, del conocimiento proveniente del exterior y se podría afirmar, también, que los avances en la innovación local de industrias de alta tecnología se limitan a las partes de la cadena productiva que implican un nivel de aporte tecnológico moderado. De esta forma, la principal contribución de esta investigación es resaltar la trayectoria que sigue la transferencia de tecnología a lo largo de los flujos de conocimiento implícitos en las citas de patentes en la red de empresas de la industria electrónica.

II. EL ANÁLISIS DE REDES SOCIALES

En el marco de la economía global, las principales fuentes de ventaja competitiva se configuran a partir de aspectos como los flujos de información, las redes

Cuadro 3. Empresas de la industria electrónica en México por país de origen y entidad federativa

Estado	Computadoras	Equipo telefónico	Equipo de transmisión de señales	Equipo de comunicaciones	Equipo de audio y video	Componentes electrónicos	Instrumentos de navegación, medición y control	Medios magnéticos y ópticos
Aguascalientes	China 1		Japón México 2	EU México 1	Corea Japón Malasia México 3	EU Corea Japón Malasia México 5	2 3 20 15	Méjico EU 1
Baja California	Méjico EU 1	Taiwán EU 1		EU México 1	Corea Japón Malasia México 3	EU Corea Japón Malasia México 5	2 3 20 15	Méjico EU 1
Chihuahua	Méjico EU 5	Méjico Taiwán 3 Japón 2	EU Canadá 1	Méjico EU 2	Méjico EU Finlandia Japón Taiwán 3	Méjico EU Finlandia Japón Taiwán 1	11 10 1 1	EU Méjico Canadá 4 1 1
Coahuila								Méjico 4
Distrito Federal	Méjico 1	Méjico 2						Méjico 3
Estado de México			EU 1	EU 1	Méjico 1	Méjico 4	Méjico Japón 1	Méjico 1
Guanajuato							Austria 1	Alemania Países Bajos 1
Jalisco	EU 2	Méjico Taiwán 1	EU 1			Singapur 1	Méjico China Japón 2	Francia 1
Nuevo León	China Méjico 1	Méjico 1	Finlandia 1	Méjico 1		EU Japón 1	3	
Querétaro	Méjico 1	Japón 1			Japón 1	Allemalia Méjico 1	Méjico 1	
San Luis Potosí								Méjico 1
Sonora	Méjico EU 2	1		EU 1		Méjico EU Francia 13 4	EU Méjico 2 1	
Tamaulipas	EU 3	Méjico 1	Méjico EU 2	EU 1	EU Japón Corea 2	Méjico EU Países Bajos 7 5	Méjico EU 2 1	Japón 1
Yucatán						China 1	1	
TOTAL	30	7		14	10	30	124	21
								7

institucionales, el conocimiento y la innovación. De acuerdo con Porter (1998, 2005), Feldman (1994), Porter y Stern (2001) y Furman, Porter y Stern (2002), la concentración geográfica estimula la necesidad de desarrollar actividades de innovación y de asegurar la transferencia del conocimiento que se produce tanto en las unidades de investigación como en las empresas. Retomando la perspectiva del conglomerado, se constituyen diversos vínculos a partir de agentes interconectados para generar bienes complementarios que se producen mediante la explotación de una cadena de valor donde se utilizan insumos comunes, habilidades específicas y tecnologías. Los límites de un conglomerado están definidos por el número de interconexiones y la complementariedad que se establece entre las industrias y las instituciones que juegan un papel importante en la competencia que se genera en el mercado (Porter, 1998).

En la actualidad, ha resurgido el interés por el estudio de los sistemas regionales de innovación porque se consideran motores del desarrollo económico (Freeman, 1995; Lundvall, 1992). Las universidades y centros de investigación son los principales actores del sistema que generan los insumos de la sociedad del conocimiento, por lo que los procesos mediante los cuales éste se produce y transfiere constituyen un tema de reflexión desde distintos enfoques aplicados a las ciencias económicas, la tecnología y la innovación (Casas, 2001). Surge el concepto de redes de conocimiento, ligado a los estudios de innovación que describen la presencia de redes sociales, profesionales, institucionales, etc., en regiones donde hay conglomerados de empresas y otras entidades (Saxenian, 1994).

Es posible caracterizar la metodología de redes atendiendo a dos cuestiones: qué analiza y cómo lo analiza. Con respecto a lo primero, hay que decir que el tipo de datos al que estos métodos se aplican es el relacional (Scott, 1991; Knoke y Kuklinski, 1982). Dentro de los datos de las ciencias sociales cabe distinguir dos tipos, a saber: datos de atributos y datos relacionales. “Atributos” se refiere a características o propiedades intrínsecas de los individuos o grupos, y que como tales pueden ser medidas. El método para diseñar estos indicadores es el análisis de variables o peculiaridades dentro de la red. Por otro lado, “datos relacionales” se refiere a los contactos, lazos o conexiones que relacionan a los individuos entre ellos, no tratándose, por tanto, de propiedades de los individuos en sí. De esta forma, pueden medirse los lazos de amistad dentro de un grupo, los intercambios económicos entre organizaciones, etc. Mientras que los atributos no varían en los distintos contextos en los que el individuo se mueve (su edad es la misma en su casa, con sus amigos o en el trabajo), las características relacionales

son específicas de cada contexto y sufren cambios en función de con qué actores se interactúe.

La teoría de redes toma esta base conceptual no sólo para describir la estructura social como un todo, sino para asumirla como producto o consecuencia de varios sistemas en interacción (Borgatti y Cross, 2003). Una red, entonces, es un conjunto de relaciones (líneas, vínculos, lazos), que se denominan arcos, entre una serie definida de elementos o nodos, donde cada relación o arco equivale a la formación de una red diferente. Mark Granovetter (1973, 1985) y, posteriormente, otros autores con trabajos en análisis de redes sociales en economía han demostrado que la posición de los individuos, así como la estructura de las redes, tiene una influencia decisiva en las oportunidades económicas, en los flujos de información dentro del sistema y en el funcionamiento de los sistemas globales.

Manuel Castells (1996) explica que la sociedad moderna en red y las TIC podrían proporcionar las oportunidades para una creciente inclusión social, pero esto también implica una amenaza de mayor exclusión para las personas, dependiendo de su posición y su acceso a las estructuras de las redes sociales.

Los nodos y sus vínculos constituyen el foco de atención en el análisis de redes, por lo que se debe definir *a priori* la relación que se desea investigar dentro del grupo. Esto se traduce en la determinación de ciertas características de las relaciones, entre las que hay que mencionar: intensidad, contenido, forma, duración y direccionalidad. Aparte de estos planteamientos, se especifican los límites mediante: a) atributos de los actores y b) características de las relaciones. En esta investigación se tomará el enfoque que proviene de la teoría de *grafos*, base metodológica que permite cuantificar y formalizar las relaciones y teorizar las propiedades de las redes mediante gráficas.

III. PATENTES EN LA INDUSTRIA DE LA ELECTRÓNICA EN MÉXICO

Se empezará por describir la construcción de la base de datos. Para el estudio se emplearon datos procedentes de la OMPI, recopilados utilizando la plataforma de búsqueda de colecciones nacionales e internacionales de patentes Patentscope. Se tomaron en cuenta las recomendaciones de la OCDE (1994) respecto a la necesidad de utilizar datos procedentes de oficinas de prestigio y con homogeneidad histórica en las normas de protección de la propiedad intelectual.

Cabe mencionar que se han excluido las solicitudes presentadas por el propio inventor, dado que esta investigación se enfoca en empresas que hayan patentado sus innovaciones en cualquiera de los rubros que integran la industria.

En los criterios de búsqueda se incluyeron las solicitudes de patentes con número de prioridad mexicana, lo que implica la inclusión en el conjunto de empresas extranjeras que protegen sus invenciones en México, bien por estrategia o porque la invención ha sido realizada en el país. De esta forma, utilizando las herramientas de consulta de Patentscope, se seleccionaron las diez principales empresas por cada código de la CIP definido en el cuadro 2.

De estas empresas, se obtuvieron las patentes registradas en el ámbito de los productos y aquellas cuyo informe sobre el estado de la técnica haya sido favorable, lo que implica que no tienen antecedentes que afecten a la novedad o actividad inventiva. Por consiguiente, esta colección se encuentra configurada por el conjunto de solicitudes de patentes que tienen un cierto grado de calidad (Molero e Hidalgo, 2003). Con este proceso, se obtuvieron 2 265 números de patente distintos.

Con la finalidad de acceder a los datos de cada patente encontrada, se importaron los datos correspondientes a la fecha de solicitud, así como la información acerca de la familia respectiva. Con este procedimiento, se obtuvieron 1 263 familias de patentes. En el cuadro 4, se presentan los resultados de la búsqueda. Nokia posee la reivindicación del mayor número de familias de patentes, seguido por Qualcomm, Ericsson y Siemens.

Cuadro 4. Empresas con reivindicación de más de 35 familias de patentes

Empresa	Familias de patentes
Nokia	356
Qualcomm	241
Ericsson	189
Siemens	82
LG Electronics	71
Motorola	58
NTT Docomo	54
Samsung Electronics	53
Alcatel	37
Otras	122
Total	1 263

Fuente: Elaboración propia con datos de Patentscope.

El siguiente paso fue llevar a cabo el análisis de redes de conocimiento entre empresas por medio de las citas. Para agregar a la base de datos los campos correspondientes se utilizó el Derwent Patent Citation Index (DPCI). Una de las

ventajas de esta base de datos es que las patentes se encuentran clasificadas por familias y una limitante es un desfase en el índice con información disponible hasta el año 2006.

Utilizando los códigos CIP, así como el nombre de las empresas, en la búsqueda por palabras clave, fue posible identificar 9 212 patentes relacionadas con el campo tecnológico considerado en este estudio que contienen al menos una cita referente a las patentes originales. Para observar los cambios de posición a lo largo de la trayectoria tecnológica se analizaron tres períodos: 1995, 2000 y 2005. Se asignaron las patentes a cada periodo utilizando la fecha de solicitud, pues se considera que es la más cercana a la invención. El cuadro 5 muestra las veinte principales compañías por titularidad de patentes, así como por su presencia en las diferentes redes, es decir por las patentes que han sido citadas o que citan a otras patentes en su informe sobre el estado de la técnica.

Cuadro 5. *Titulares de las patentes dentro de la red*

	Empresa	1995	2000	2005
1	Ericsson	12	140	647
2	Lucent	56	113	601
3	Motorola	53	214	589
4	Qualcomm	6	61	564
5	NEC	89	143	536
6	Nokia		47	492
7	Northern	2	15	267
8	Samsung		5	250
9	Matsushita	2	61	197
10	Toshiba	2	67	189
11	Fujitsu	17	35	172
12	Alcatel		52	163
13	Phillips	32	50	154
14	Sony	1	24	147
15	Siemens	5	73	136
16	LG		31	125
17	Thomson	16	37	116
18	GE	8	61	94
19	Mitsubishi	1	16	80
20	Hitachi	15	28	73
21	Otras	197	549	1 286
	Total	512	1 822	6 878

Nota: Las redes excluyen aquellas patentes que no son citadas ni hacen ninguna cita.

Fuente: Elaboración propia con datos de Patentscope y el DPCI.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como las patentes se conceden a nombre de las empresas, la forma en que se vincula la posición tecnológica con la posición de la empresa en la red es haciendo referencia a las citas de patentes. Los arcos de la red dan información acerca de los flujos de citas tanto hacia adentro como hacia afuera entre las empresas que la integran. Por otra parte, los nodos de la red están conformados por cada una de las empresas que poseen la titularidad de las familias de patentes. La red así definida, representa sólo un subconjunto de los posibles vínculos basados en el conocimiento entre los actores, teniendo en cuenta las particularidades en el uso de patentes y citas.

A pesar del enfoque parcial que sobre los flujos de conocimiento puede proporcionar esta perspectiva, las redes son capaces de dar un panorama de la posición recíproca de las empresas en el ámbito del conocimiento de una determinada tecnología. A partir de este punto, se explorarán en la red elementos como el número de empresas que contribuyen a la tecnología, la relevancia de éstas y su papel en la red de conocimiento.

A continuación se presentan las redes resultantes a partir del análisis de las citas de patentes durante los períodos definidos, mediante el uso del paquete informático Ucinet (Borgatti, Everett y Freeman, 2002). El cuadro 6 muestra un resumen del tamaño de la red, el número de empresas (nodos), el número de citas (arcos) y el número de autocitas (bucles), así como el valor máximo de arcos (es decir, el número máximo de citas entre dos empresas).

Cuadro 6. Resumen del tamaño de la red

	Empresas	Citas (arcos)	Autocitas (bucles)	Valor máximo
1995	38	477	21	137
2000	49	1 025	46	1 107
2005	57	1 317	55	1 562

Fuente: Elaboración propia con datos de Patentscope y el DPCI.

Es importante observar que las patentes pueden citar o ser citadas; por ello, los enlaces entre las empresas no necesariamente son simétricos. Desde la perspectiva de redes, se distingue también la direccionalidad de los enlaces, que indica si se ha hecho una cita o se ha sido citado. El cuadro 7 muestra un incremento en la densidad –número de veces que se ha sido citado–, densidad de autocitas

—citas a otras patentes de la propia empresa—, así como en la cohesión formada por la distancia promedio —diferencias en el número de citas recibidas entre cada agente de la red—, fragmentación —presencia de grupos o agentes atípicos en la red— y reciprocidad —citación mutua.

Cuadro 7. Características de la red en los períodos seleccionados

	1995	2000	2005
Densidad de autocitas	3.3667	10.4610	14.2024
Densidad	3.110	8.588	11.427
Distancia promedio	1.799	1.489	1.436
Fragmentación	0.167	0.053	0.000
Enlaces mutuos respecto al total de enlaces (porcentaje)	0.571	0.731	0.743
Coeficiente de Gini para el grado de centralidad exterior	0.650	0.694	0.699
Coeficiente de Gini para el grado de centralidad interior	0.667	0.620	0.614

Fuente: Elaboración propia con datos de Patentscope y el DPCI

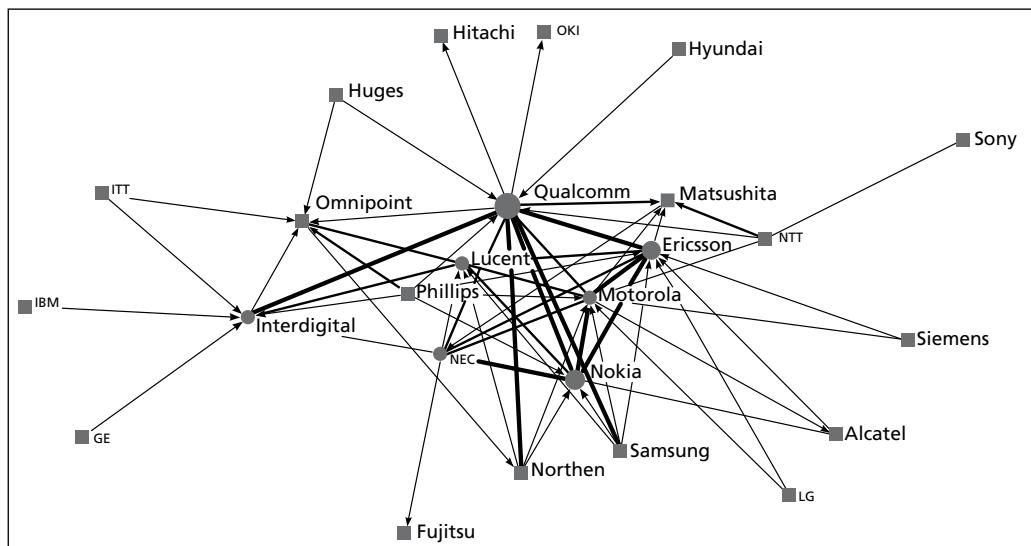
En dicho cuadro se puede observar que a pesar del incremento en el porcentaje de citas mutuas, el indicador tiende a estabilizarse en el tiempo, lo que significa que las empresas persisten ya sea en utilizar o en producir conocimiento. Las dos últimas filas muestran el coeficiente de Gini de la distribución de citas hechas y recibidas. Este indicador representa la concentración de los vínculos. El incremento en el coeficiente de centralidad exterior refleja inequidad en la distribución de las citas. Con el curso del tiempo, esto significa que pocas patentes son frecuentemente citadas y de ahí surge el liderazgo tecnológico. En sentido contrario, el coeficiente de centralidad interior muestra hasta qué punto las empresas utilizan el conocimiento externo.

El ocupar una posición en el centro o en la periferia de la red implica la presencia de dos tipos de empresas: las que pertenecen a un núcleo cohesionado y denso, y otras esparcidas por la periferia (Wasserman y Faust, 1995).

Se muestran, en las gráficas 1 y 2, las redes de los dos últimos períodos, por tener mayor consistencia en su estructura. Aquéllas permiten no sólo evaluar la red, sino cada nodo en particular por su posicionamiento. Las empresas que se identifican mediante un círculo pertenecen al núcleo de la red, mientras que aquéllas que aparecen con un cuadrado se encuentran en la periferia. En este mismo aspecto, el tamaño de cada nodo representa las autocitas. En lo referente a los

vínculos, se muestran únicamente aquellos mayores al punto de corte, el grosor de las líneas es proporcional a la intensidad del vínculo.

Gráfica 1. *Redes por citas de patentes de empresas de la industria electrónica, 2000*



Fuente: Elaboración propia con datos de Patentscope y el DPCI.

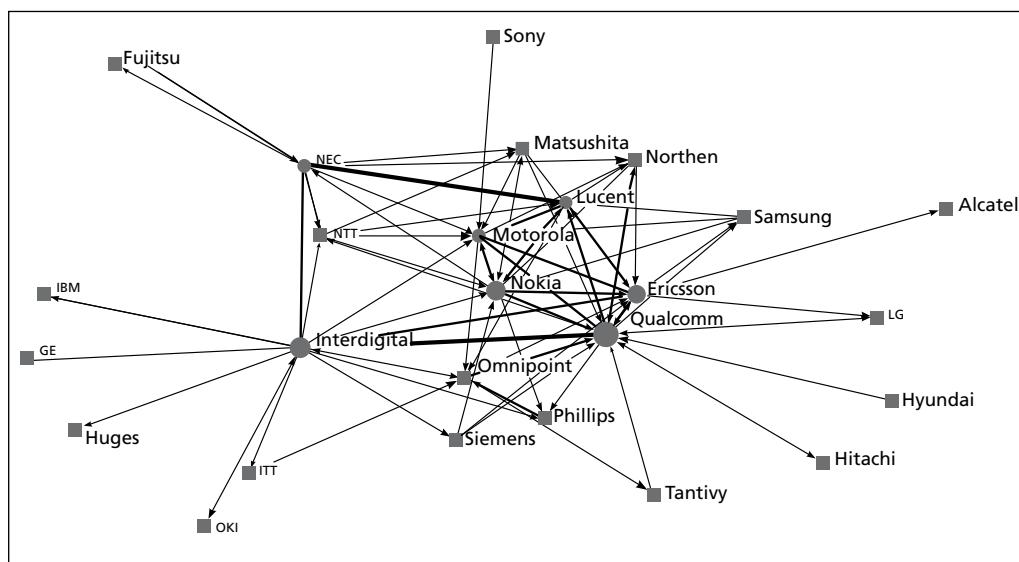
Aquellas empresas con una posición reconocida ocupan el núcleo de las redes y no la periferia. Asimismo, por el tamaño de los nodos centrales se puede apreciar que todas estas mismas compañías realizan un amplio número de autocitas. Así que las empresas más destacadas no solamente se posicionan en el centro de la red sino que también acuden al conocimiento propio.

El algoritmo utilizado para visualizar la red tiende a colocar juntos los nodos similares, en este caso las empresas. En el contexto de esta red de conocimiento, las empresas que se encuentran cercanas tienen patrones similares de citación de patentes y por ello tienden a intercambiar conocimientos con las mismas compañías. A este respecto, se puede observar cómo Qualcomm, se convierte en un actor central, con algunas otras empresas alrededor, como Ericsson, Alcatel Lucent y Motorola.

Por otro lado, es difícil interpretar la posición de Interdigital. Esta empresa no pertenece al núcleo de la red y aparece distante del resto de las manufactureras. Finalmente, se observa que la posición de Nokia en las redes es acorde

con los hallazgos iniciales. Como un actor tardío, empieza en la periferia y al paso del tiempo va colocándose en el centro.

Gráfica 2. Redes por citas de patentes de empresas de la industria electrónica, 2005



Fuente: Elaboración propia con datos de Patentscope y el DPCI.

De acuerdo con el análisis de redes, no todas las empresas contribuyen en el mismo grado a la evolución de la tecnología. En particular, surge un pequeño grupo de empresas activas que patentan en el sector. Por ejemplo, Qualcomm pertenece al núcleo de la red y muestra una contribución positiva desde el punto de vista del conocimiento, por las veces que es citada. Para verificar el posicionamiento de las empresas de la red en el entorno mexicano, el siguiente paso fue ubicar tanto los nodos como los arcos de la red en el ámbito de la industria electrónica en el país. Para ello, retomamos los principales nodos y los ubicamos su entorno regional, de forma que se trasladan las relaciones al entorno geográfico para observar si existe coherencia con la estructura que adoptó la red en el análisis de las citas de patentes.

Retomando los datos del cuadro 4, es posible observar que cuando los nodos de la red se trasladan al entorno regional, los vínculos de mayor intensidad se ubican entre las empresas situadas en Chihuahua, Baja California, Estado de México, Jalisco y Nuevo León. Los arcos de la red también proporcionan infor-

mación acerca de la direccionalidad de las relaciones. En este núcleo se pueden observar vínculos en ambos sentidos, esto es que se hacen citas y son citadas las patentes de las empresas o nodos con los que se relacionan. Con menor intensidad, pero también con un número importante de relaciones, se encuentra en esta parte de la red el estado de Tamaulipas.

De acuerdo con los vínculos que aparecen en la red, las empresas ubicadas en Baja California, pese a que poseen un número de citas significativo, normalmente son consumidoras de conocimiento, es decir, que citan las patentes de los demás actores.

Los hallazgos hechos a través del diseño de la red de conocimiento nos permiten ubicar la posición de las empresas más destacadas en la industria electrónica mexicana, sin embargo, al trasladar la red al ámbito regional, los resultados no son coincidentes con la jerarquización de sectores por estados, ya que quedan fuera de este contexto el Estado de México y Jalisco, mientras que la investigación muestra que son regiones que poseen actores clave para la industria.

En el caso de Tamaulipas, si bien posee una posición cercana el núcleo de la red, hasta el año 2005 no ocupa una posición relevante. Lo anterior puede ser por dos motivos: uno, la llegada tardía de su principal actor –Nokia– al sector o, como se señaló en el cuadro 1, por ser un estado con potencial sin explotar en ciencia, tecnología e innovación. En el caso contrario aparece el estado de Sonora, que en número de empresas es importante pero ninguna de ellas aparece en la red de citas de patentes.

Finalmente, la intensidad de las relaciones entre los nodos que ocupan las posiciones centrales de la red de conocimiento nos lleva a destacar las regiones que ocupan el núcleo del conocimiento del país en esta industria y, al mismo tiempo, es posible detectar áreas de oportunidad para empresas que no pertenezcan a la red.

CONCLUSIONES

Este artículo se enfoca principalmente a la medición de la posición de las empresas de un sector de alta tecnología dentro de una red de conocimiento. Para ello, se eligió la industria electrónica en México y los resultados muestran que los nodos de la red están conformados por empresas extranjeras, confirmando la hipótesis de que las empresas mexicanas de la industria electrónica no ocupan posiciones centrales en las redes del conocimiento en el país, ya que éstas se encuentran ocupadas por las grandes compañías de capital extranjero. En lo que

respecta al uso de la metodología para elaborar redes de conocimiento a partir de las citas de patentes, se encontró como ventaja la posibilidad de obtener información a lo largo de un amplio periodo de tiempo. Con ello, es posible generar una base de datos consistente para analizar diversos fenómenos de estudio, en nuestro caso los flujos de conocimiento que permean otras innovaciones dentro o fuera de la propia organización, ubicando a la empresa en cierta posición respecto al resto de entidades del sector por sus derramas de conocimiento.

Sin embargo también encontramos una limitante: para efectuar las consultas sobre patentes habitualmente se utilizan los códigos de la CIP, que en ocasiones no concuerdan con otros códigos de la actividad económica, ya que aquéllos abarcan diferente amplitud y un mismo producto puede incluir varias secciones del sistema de patentes.

En este caso, al especificar un sector no ha sido posible equilibrar completamente los códigos de la CIP con la clasificación de las empresas de la industria electrónica que se utiliza en México; por ello, puede darse el caso de que aparezcan como actores centrales de la red empresas que habiendo patentado en el sector, no pertenecerían a esta industria de acuerdo al SCIAN.

Entre los hallazgos principales podemos mencionar que un análisis de la posición de la empresa en la red sobre la base de las citas de patentes permite la identificación de valores extremos específicos, así como detectar a los actores centrales y a aquellos que se encuentran en la periferia, pero solamente brinda una visión parcial acerca de la posición real de las empresas en una red de conocimiento. Por lo tanto, la principal aportación de esta investigación es mostrar que por medio del análisis de las citas de patentes se puede abrir el camino para ampliar el uso de esta metodología e identificar avances y contribuciones clave de las empresas a un determinado sector tecnológico. Con ello, el primer objetivo particular se cumple parcialmente.

En materia de políticas públicas, este estudio plantea la preocupación por la inclusión de las empresas mexicanas en el ámbito tecnológico del sector y los procesos de innovación. Aun cuando esta investigación no fue planteada desde la perspectiva de la política tecnológica, sus hallazgos pueden aportar información importante para la innovación regional, dando cumplimiento al segundo objetivo particular que se planteó.

Tanto este estudio como la metodología propuesta tienen sus limitaciones, ya que no es posible afirmar que la posición tecnológica de una empresa responde únicamente a los indicadores contenidos en las patentes. Finalmente, los resultados obtenidos al aplicar esta metodología dependerán también de la

habilidad del investigador para crear la respectiva base de datos de patentes, así como para interpretar la información del área en cuestión. Esta metodología puede ser extendida a sectores de alta tecnología que utilicen patentes como medio de protección de sus derechos de propiedad, aunque sin perder de vista las limitaciones de la información obtenida a partir de los datos de patentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbera, David; Jimenez, Fernando, y Castelló, Ignacio (2010), “Mapping the importance of the real world: The validity of connectivity analysis of patent citations networks”, *Research Policy*, 40, pp. 473-486.
- Borgatti, Steve; Everett, Martin, y Freeman, Linton (2002), *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*, Harvard, Mass., Analytic Technologies.
- _____, y Cross, Rob (2003), “A Relational View of Information Seeking and Learning in Social Networks”, *Management Science*, 49(4), pp. 432-445.
- Caballero, Ricardo, y Jaffe, Adam (1993), “How high are the Giants’ Shoulders: An Empirical Assessment of Knowledge Spillovers and Creative Destruction in a Model of Economic Growth”, *NBER Macroeconomics Annual*, 8, pp. 15-86.
- Casas, Rosalba (2001), “Espacios emergentes de conocimiento a nivel regional: hacia una taxonomía”, en Casas, R. (coord.), *La formación de redes de conocimiento: una perspectiva regional desde México*, Barcelona, Anthropos, pp. 56-98.
- Castells, Manuel (1996), *La era de la información: economía sociedad y cultura. Vol. I, La sociedad red*, Madrid, Alianza Editorial.
- Feldman, Maryann (1994), “The University and Economic Development. The Case of Johns Hopkins University and Baltimore”, *Economic Development Quarterly*, 8 (1), pp. 67-76.
- Fontana, Roberto; Nuvolari, Alessandro, y Verspagen, Bart (2009), “Mapping technological trajectories as patent citation networks. An application to data communication standards”, *Economics os Innovation and Technology*, 18 (4), pp. 311-336.
- Freeman, Chris (1995), “The National System of Innovation in Historical Perspective”, *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), pp. 5-24.
- Furman, John; Porter, Michael, y Stern, Scott (2002), “The determinants of national innovative capacity”, *Research Policy*, 31 (6), pp. 899-933.
- Gambardella, Alfonso; Harhoff, Diezmar, y Verspagen, Bart (2008), “The value of European patents”, *European Management Review*, (5) 2, pp. 69-84.

- Granovetter, Mark (1973), "The Strength of Weak Ties", *American Journal of Sociology*, 78, pp. 1360-1380.
- (1985), "Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness", *The American Journal of Sociology*, 91 (3), pp. 481-510.
- Griliches, Zvi (1984), "Market Value, R&D, and Patents", en Griliches, Z. (ed.) *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, University of Chicago Press, pp. 249-252.
- (1990), "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *Journal of Economic Literature*, 28 (4), pp. 1661-1707.
- Hall, Bronwyn; Jaffe, Adam, y Trajtenberg, Manuel (1999), "Market Value and Patent Citations: A First Look", NBER working paper, junio.
- (2002), "The NBER Patent-Citations Data File: Lessons, Insights, and Methodological Tools", en Jaffe, A., y Trajtenberg, M., *Patents, citations and innovations: a window on the knowledge economy*, Boston, MIT, pp. 403-460.
- INEGI (2008), "Directorio Nacional de Unidades Económicas". Recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mapa/denue/default.aspx>. Consultado el 29 de septiembre de 2012.
- (2009), "Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos", *Censos Económicos 2009*, s.l., Instituto Nacional de Estadística, y Geografía.
- Jaffe, Adam (1986), "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits and Market Value", *American Economic Review*, 76, pp. 984-1001.
- , Trajtenberg, Manuel, y Henderson, Rebeca (1993), "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations", *Quarterly Journal of Economics*, 108, pp. 577-598.
- Knoke, David, y Kuklinski, James (1982), *Network Analysis*, London, SAGE Publications.
- Lundvall, Ben-Ake (ed.) (1992), *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*, London, Pinter Publishers.
- Maspons, Raúl, y Escorsa, Pere (2004), "Research networks. Flows of knowledge from and to cities: an analysis for Barcelona using patent statistics", *Research evaluation*, 13 (2), pp. 103-117.
- Molero, José, e Hidalgo, Antonio (2003), "Los sectores de alta tecnología en la Comunidad de Madrid", en García, José Luis (dir), *Estructura Económica de Madrid*, Madrid, Civitas, pp. 441-468.
- OCDE (1994), *The measurement of scientific and technological activities: using patent dated as science and technology indicators. Patent Manual 1994*, Paris, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

- ____ (2009), *Estudios de la OCDE de innovación regional. 15 estados mexicanos*, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.
- Ordóñez, Sergio (2012), “Nuevos determinantes del desarrollo y el sector electrónico-informático y de las telecomunicaciones en México”, *Comercio Exterior*, 62 (4), pp. 37-56.
- Porter, Michael (1998), “Clusters and the New Economics of Competition”, *Harvard Business Review*, November-December, pp. 77- 89.
- ____ (2005), “Building the Microeconomic Foundations of Prosperity: Findings from the Business Competitiveness Index”, en Porter, M., Schwab, K., y López, A. (eds.), *The Global competitiveness Report 2005-2006*, New York, Palgrave Macmillan/World Economic Forum, pp. 43- 47.
- ____, y Stern, Scott (2001), “Innovation: Location Matters”, *MIT Sloan Management Review*, 42 (4), pp. 28-36.
- Saxenian, AnnaLee (1994), *Regional advance, culture and competition in Silicon Valley and Route 128*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Scherer, Frederic (1982), “Inter-industry technological flows in the United States”, *Research Policy*, 11 (4), pp. 227-245.
- Schmoch, Ulrich (2008), “Concept of a Technology Classification for Country Comparisons” (informe final para la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual IPC/CE/41/5), Karlsruhe, Alemania, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research.
- Schmookler, Joseph (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Harvard University Press.
- Scott, John (1991), *Social Network Analysis. A Handbook*, London, SAGE Publications.
- Trajtenberg, Manuel (1990), “A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations”, *RAND Journal of Economics*, 21 (1), pp. 172-187.
- Verspagen, Bart (2007), “Mapping technological trajectories an patent citation networks: A study on the history of fuel cell research”, *Advances in Complex Systems*, 10 (1), p. 93.
- Wasserman, Stanley, y Faust, Katherine (1995), *Social network analysis: methods and applications*, Massachusetts, Cambridge University Press.