

**EVOLUCIÓN TEMPORAL DEL IMPACTO
TECNOLÓGICO DE LAS PATENTES
MEXICANAS: UNA APLICACIÓN DEL
ALGORITMO DE EXPECTATIVAS**

**TEMPORAL EVOLUTION OF THE
TECHNOLOGICAL IMPACT OF MEXICAN
PATENTS: AN APPLICATION OF THE
EXPECTATION-MAXIMIZATION ALGORITHM**

Aurora A. Ramírez Álvarez

Diana Terrazas Santamaría

El Colegio de México, A. C.

Resumen: En este artículo se utiliza la metodología de Clarkson *et al.* (2007) para analizar el patrón de citas de patentes mexicanas registradas en Estados Unidos en 1968-2017. Con base en un algoritmo de maximización de expectativas y las citas posteriores de las patentes como indicador de su utilidad, encontramos tres grupos de perfiles distintos: el “rápido” recibe el mayor número de citas en una etapa muy temprana de su vida (5 años) comparado con el “medio” (10) y el “lento” (20). Además, el grupo “rápido” se asocia a patentes más recientes, menor proporción de dueños e inventores mexicanos y mayor valor económico.

Abstract: In this paper, we use the methodology of Clarkson *et al.* (2007) to analyze the patterns of citations of Mexican patents registered during 1968-2017 in the United States. Using an expectation-maximization algorithm and patent citations as an indicator of their utility, we find three groups of different citation pattern profiles: “Fast” receives the highest number of citations at a very early stage of their life (5 years), compared to “Medium” (10) and “Slow” (20). Moreover, the group “Fast” is associated with the most recent patents, with the lowest proportion of Mexican owners and inventors, and the highest economic value.

Clasificación JEL/JEL Classification: O31, O33, D89

Palabras clave/keywords: patentes; impacto tecnológico; redes; algoritmo de maximización de expectativas; innovación; patents; technological impact; networks; expectation-maximization algorithm; innovation.

Fecha de recepción: 11 III 2019

Fecha de aceptación: 27 VI 2019

Estudios Económicos, vol. 35, núm. 1, enero-junio 2020, páginas 37-69

1. Introducción

La teoría de crecimiento económico endógeno apunta a que la sociedad acumula conocimiento en forma de educación formal, investigación científica básica y experiencia práctica de los trabajadores, entre otros (Aghion y Howitt, 1992). Dichos autores propusieron un canal adicional de crecimiento a través de innovaciones industriales que mejoran la calidad de los productos y que colaboran con la destrucción creativa, en donde el progreso (por ejemplo, nuevos productos o métodos de producción) revoluciona la estructura económica desde el interior de la misma, destruyendo lo viejo creando continuamente algo nuevo. Para incentivar las labores de investigación y desarrollo (I+D), los autores proponen que los agentes involucrados requieren como pago las futuras rentas monopólicas del producto de la innovación.

En este sentido, el sistema de protección intelectual de las economías modernas ha sido un tema de debate en las últimas décadas. En particular, un sistema de protección legal fuerte debería de proveer los incentivos a entes públicos y privados para que lleven a cabo tareas de investigación y desarrollo (I+D) que beneficien a la sociedad en su conjunto.

Arrow (1962) afirma que el fundamento económico central de la I+D es que está enfocada a producir nueva información para la sociedad, y debido a que el resultado de la etapa de I+D es altamente incierto en la mayoría de los casos, la innovación en sí misma debería de crear derechos de propiedad.

Los hacedores de política pública enfrentan una disyuntiva en el diseño del sistema de protección legal de las innovaciones. Por un lado, deben de proveer certidumbre de retorno a la inversión de I+D por medio de rentas monopólicas (por ejemplo, patentes) y, por el otro, el mismo sistema debe de ser lo suficientemente amplio para que la nueva información se disemine libremente a la sociedad y colabore con el progreso de ésta.

Ha sido documentado que algunos agentes pueden utilizar el sistema de patentamiento a su favor para bloquear sus innovaciones más valiosas cercándolas con patentes atomizadas de menor valor (Ziedonis, 2004). Aunado a las estrategias complejas de los dueños de las innovaciones para formar sus portafolios de patentes, el cambio en las tecnologías ha provocado que las decisiones del tiempo, forma y lugar geográfico de patentamiento sean un tema relevante que aporte a las decisiones de los hacedores de política pública.

Si bien la literatura referente al análisis de innovación y desarrollo tecnológico a partir de los elementos del registro de patentes ha

tomado fuerza en las últimas décadas, para el caso de México existe un limitado número de estudios (Navarro, 2018; Hernández, 2018; Calderón, Flores y Martínez, 2012; Meza y Millán, 2015; Acatitla, Guzmán y Vázquez, 2016, entre otros). Los existentes están enfocados principalmente al comportamiento del patentamiento por regiones del país, su evolución por sectores tecnológicos específicos o para una industria en concreto, así como análisis de tipo cronológico.

El estudio que aquí realizamos pretende colaborar con la literatura de innovación en México tomando como fuente de análisis las patentes mexicanas otorgadas en Estados Unidos durante el período 1968-2017. A diferencia de otros trabajos en este tema (por ejemplo, Navarro, 2018), no sólo analizamos el número total de citas posteriores de una patente, el cual es una medida de su impacto tecnológico o de su valor económico, sino que utilizando la metodología de Clarkson *et al.* (2007) estudiamos el patrón de éstas en el tiempo.

Con base en la técnica en cuestión encontramos que, de las patentes mexicanas con al menos una cita, existen tres grupos de patentes con perfiles de citas distintos. El grupo “rápido” que recibe el mayor número de citas en una etapa muy temprana de su vida (5 años), *versus* el “medio” y el “lento”, que los reciben alrededor de los 10 y 20 años de haber sido solicitada la patente, respectivamente.

Al investigar los factores que están asociados a estos distintos perfiles, encontramos que el grupo “rápido” de patentes son aquellas que tienen la menor proporción de dueños y de inventores mexicanos y están asociadas a un mayor valor económico de las patentes. Por su parte, el grupo “lento” tiene dueños mayoritariamente mexicanos y las patentes no sólo tardan más en ser citadas, sino que están correlacionadas con un menor valor económico.

El presente artículo está estructurado de la siguiente manera. Después de la introducción, la sección dos proporciona una visión general de la literatura teórica y empírica relevante. La tres describe los datos y ofrece un panorama de la innovación en México basado en los mismos. La sección cuatro expone la metodología utilizada y la quinta discute los resultados de analizar el patrón de citas de las patentes mexicanas en el tiempo. Finalmente, en la sección seis, se concluye.

2. Revisión de la literatura

De acuerdo con la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, OMPI, una patente es un derecho facultativo sobre una invención, el

cual permite decidir su utilización por terceros y los términos en los que se utiliza la invención. Las patentes no sólo constituyen un mecanismo de protección a la inventiva e innovación, representan, además, una fuente de información relevante sobre las empresas e individuos que las registran y utilizan.

Mansfield (1986) afirma que el sistema moderno de patentes ha representado uno de los pilares en la política de innovación tecnológica; sin embargo, el efecto del sistema de patentes en la tasa de innovación es diferenciado dependiendo de la industria. Es decir, el autor encuentra que aun en las industrias en donde las patentes no son percibidas como esenciales para las innovaciones futuras (por ejemplo, eléctrica o vehículos automotores), la mayor parte de los inventos patentables son patentados, lo que indicaría que las patentes contienen implícitamente información sobre la estrategia innovadora de un agente y de las relaciones de conocimiento que se forman en el tiempo.

En el sistema moderno de patentes, los solicitantes están obligados a enlistar todas las patentes relacionadas de las cuales tienen conocimiento al momento de la solicitud; además, los examinadores, durante el periodo de análisis para evaluar si procede el otorgamiento de la patente, enlistan patentes relacionadas adicionales de las cuales ellos tienen conocimiento y, por lo tanto, la cita (posterior) de una patente refleja una conexión tecnológica/conocimiento entre patentes (Erdi *et al.*, 2013).

Existen diversos trabajos enfocados a la innovación tecnológica a partir de la información contenida en los registros de patentes, donde destacan el número de citas realizadas por otras patentes como principal indicador.

De Rassenfosse y Jaffe (2017) hacen una revisión exhaustiva del uso de las citas posteriores de las patentes y encuentran que el uso de éstas en el análisis académico ha crecido substancialmente desde finales de los años setenta, derivado de la disponibilidad de la información digital.

Una característica de las citas posteriores de las patentes que las hace útiles para distintos propósitos de las ciencias sociales es que contienen información valiosa sobre el proceso acumulativo del avance del conocimiento/tecnología (De Rassenfosse y Jasse, 2017).

Las citas posteriores se han utilizado, principalmente, como indicadores de atributos de las innovaciones para mapear redes de innovación y para rastrear flujos de conocimiento entre individuos, instituciones y/o regiones (De Rassenfosse y Jaffe, 2017). Sin embargo, Csardi *et al.* (2009), encuentran que, dado el gran porcentaje de

citadas posteriores provisto por los examinadores de patentes, las citas no indican de manera directa un flujo de conocimiento, de modo que, éstas deben de ser consideradas como indicadores de relaciones tecnológicas y como un *proxy* del valor técnico.

Barroso, Pacheco y Quoniam (2009) realizan un estudio del uso de las patentes como indicador de la tecnología en Latinoamérica, en el cual se hace una descripción y evaluación de los diferentes organismos encargados de la protección y registro de patentes en cada país. Los autores observan que, en Latinoamérica, el uso de las patentes es el principal instrumento para proteger las innovaciones y que, si bien la cantidad de solicitudes de patentes aumentó en el periodo 2000-2007, todavía el crecimiento es sustancialmente lento comparado con países desarrollados.

México ha transitado por distintos modelos nacionales de política industrial, por lo que sería de esperarse que estas políticas hubieran tenido efectos diferenciados en la I+D del país. Dos ejemplos de ello es el régimen de proteccionismo de 1940-1970 y el de apertura comercial de 1995 en adelante.

Navarro (2018) utiliza la actividad de patentamiento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) como indicador de cambio tecnológico en los periodos antes mencionados y encuentra que las tecnologías patentadas no cambiaron significativamente y que en el periodo liberalizador aumentó la dependencia tecnológica de agentes extranjeros.

En el contexto de apertura comercial del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el mecanismo proteccionista utilizado por los socios comerciales, basado en subsidios, se diferenció no sólo de manera cuantitativa, destaca además el efecto a largo plazo, a partir de favorecer subsidios destinados a la generación de innovaciones tecnológicas por parte de Estados Unidos y Canadá (Oropeza, 2014). Si las empresas mexicanas tenían una fuerza de trabajo con un menor capital humano que las empresas extranjeras que entraron a la industria nacional con el TLCAN, entonces esperaríamos que las labores de I+D estuvieran dominadas por las últimas y que la innovación mexicana no avanzara a pesar de la apertura comercial.¹

¹ Acemoglu *et al.* (2018) observan, mediante un modelo micro, que el subsidio a las actividades de I+D no provee los incentivos correctos para la salida de firmas poco productivas y la entrada y supervivencia de firmas con alta productividad. Adicionalmente, los autores proponen que una mejor política, alterna al subsidio, es liberar fuerza laboral calificada de las operaciones de firmas poco productivas, para que pueda ser usada en las actividades de I+D de las firmas más productivas.

En cuanto al efecto de la apertura comercial y de la liberalización económica de 1995 en adelante, Lederman y Maloney (2005) presentan un estudio del TLCAN en el proceso de I+D mexicano para el periodo de 1960 a 1999, parten de la determinación de indicadores de productividad con base en el número de patentes y, posteriormente, el comparativo de los indicadores con países de Latinoamérica, miembros de la OCDE, Este de Asia y la región Pacífico. Los autores detectan que para finales de los años noventa la adhesión de México al *TLCAN* fue insuficiente, por sí misma, para asegurar la convergencia tecnológica² con la región, al prevalecer ineficiencias en el sistema nacional de innovación y bajos niveles de I+D.

Más aún, Hernández (2018) encuentra que el número de patentes en México no aumentó sustancialmente después de la entrada en vigor del TLCAN, lo que sugeriría que el país no tomó ventaja de su apertura comercial, y que contrasta con lo ocurrido en China e India, que tenían niveles de patentamiento similares a México a principios de los noventa. Calderón, Flores y Martínez (2012) estudian la industria electrónica en México a partir del análisis de redes aplicado al número de citas por patente con información de patentes de la OMPI para los años 1995, 2000 y 2005; en donde, la principal conclusión es que los actores centrales de la industria son empresas trasnacionales con capital extranjero.

La apertura comercial de México con el TLCAN estimuló un cambio estructural del comercio, en donde el país se convirtió en un exportador neto de maquinaria y de equipo de oficina y de procesamiento de datos (Lederman y Maloney, 2005). Es por ello que esperaríamos que estos flujos de comercio hacia nuevos sectores estuvieran acompañados por una transferencia tecnológica hacia los mismos. México parece tener una ventaja comparativa innovadora en los sectores tradicionales (por ejemplo, comida procesada, jabones y pinturas y productos ferrosos), pero no en los sectores de maquinaria, lo que apoyaría la idea de un sistema nacional de innovación deficiente (Lederman y Maloney, 2005).

Meza y Millán (2015) presentan un estudio del impacto del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) de México. Para ello, los au-

² Convergencia tecnológica a través de la liberalización del comercio se refiere a que países pobres pueden importar tecnología de países desarrollados, sin embargo, los niveles de productividad entre países pueden no converger debido a la incompatibilidad del capital humano calificado disponible en países pobres y a las tecnologías sofisticadas importadas de países desarrollados (Easterly, Fiess y Lederman 2003).

tores utilizan una base de datos en donde identifican a los miembros de dicho Sistema que tuvieron patentes otorgadas en el IMPI en el periodo 2003-2012 y concluyen que únicamente 3.4% de los miembros del SNI obtuvieron alguna patente, principalmente en los campos Química, Materias y Farmacología. Por su parte, Meza (2016) en su estudio sobre las empresas manufactureras mexicanas para el periodo 2008-2009 encuentra que sólo 0.01% del total de las empresas que tienen algún producto patentado obtienen ingresos por la venta de estos productos.

En cuanto a la transferencia de tecnología en México al interior, entre universidades y empresas privadas, Acatitla, Guzmán y Vazquez (2016) analizan la relación para el periodo 1980-2013 utilizando las *patentes mexicanas*³ registradas en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés), y observan que la relación ha sido casi inexistente y que la producción científica de las universidades raramente es absorbida por firmas.

Entre las distintas bases de datos referentes a patentes, buena parte de la literatura en innovación para el caso mexicano ha utilizado datos del IMPI, del Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA) y de la OMPI. El presente artículo aporta a la literatura no sólo por utilizar un método novedoso para el análisis de patentes, sino por contar con una base de datos que ofrece elementos únicos de confiabilidad, riqueza de información y cobertura de un lapso extendido de tiempo.

Anderson *et al.* (2014) describen los beneficios de la estructura legal de la USPTO y los múltiples beneficios estratégicos para los dueños de las innovaciones de solicitar el primer registro de una patente en la misma. Entre los más importantes están: *i*) protección provisional de las solicitudes, *ii*) el costo más bajo entre las oficinas de patentes de otros países desarrollados (solicitud y renovación), *iii*) presentación de la solicitud en otro idioma que no sea inglés y *iv*) tiempos de solicitud expeditos.

Por tanto, la diferencia que pretende marcar nuestro trabajo, en relación con lo publicado para el caso mexicano, radica en la propuesta de un análisis que abarca un periodo de estudio amplio (1968-2017), enfocándonos en el *valor económico* de las patentes registradas en la USPTO con base en la inmediatez, frecuencia y volumen de citas de cada patente.

El estudio busca dar luz desde una perspectiva diferente a la evolución del patentamiento en México utilizando información de la

³ Se consideran patentes que tienen registrado(s) dueño(s) mexicano(s).

USPTO, debido a que no solamente utilizamos las citas de las patentes como indicador de la utilidad de las *patentes mexicanas* otorgadas, sino que nos adentramos al patrón con las que estas emergen para poder responder si existe heterogeneidad en el uso de las *patentes mexicanas* de acuerdo con sus características.

3. Datos y panorama de la innovación en México

La OMPI agrupa información sobre el movimiento de derechos de propiedad intelectual entre países, en particular, sobre patentes. De esta forma, es posible conocer en qué países buscan protección las patentes mexicanas. De acuerdo con dicha organización, el origen de la patente corresponde al país de residencia del primer solicitante (sin considerar co-solicitantes). La OMPI considera patentes mexicanas sólo aquellas en las que el primer solicitante tiene registrado como país de residencia “México”.

En el cuadro 1 se observa que, como es de esperarse, el primer destino de registro de las patentes mexicanas es México. Sin embargo, Estados Unidos ha sido el primer destino en el extranjero de las patentes mexicanas en las últimas dos décadas. Desde 1995 al menos la mitad de las patentes mexicanas que buscaron protección en el extranjero lo hicieron en Estados Unidos.⁴

Asimismo, el cuadro muestra que el número total de patentes mexicanas en el extranjero ha aumentado sustancialmente desde 1995 y que los destinos de protección también han cambiado. Por ejemplo, China y la Unión Europea cobraron importancia en la última década mientras que disminuyó la de Colombia y Chile.

Cuadro 1
*Número de solicitudes de patentes mexicanas
de acuerdo con la oficina de registro*

<i>Oficina de registro</i>	<i>1995</i>	<i>2007</i>	<i>2017</i>
México	432	629	1 334
<i>Extranjero</i>			
Estados Unidos	99	212	638
Unión Europea	2	30	63

⁴ Con base en el cuadro, en 2017, 26% de las patentes mexicanas se registró en Estados Unidos (USPTO).

Cuadro 1
(continuación)

<i>Oficina de registro</i>	<i>1995</i>	<i>2007</i>	<i>2017</i>
Canadá	10	35	43
China	-	23	40
Brasil	4	31	33
Colombia	12	18	32
Chile	11	26	16
Resto del mundo	37	87	270
Total	607	1 157	2 469

Fuente: Base de datos estadísticos de la OMPI.

La información de la OMPI agrupa un amplio número de oficinas extranjeras; mientras que la base de datos de la USPTO provee información sólo sobre las patentes otorgadas en Estados Unidos. Sin embargo, ésta última ofrece información detallada de cada patente que no está disponible en la OMPI. En particular, las variables contenidas en el cuadro 2.

Cuadro 2
Descripción de las variables

<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>
<i>Número de patente</i>	Código con el cual se lleva el registro de cada patente
<i>Fecha</i>	Fecha en la cual se solicitó la patente
<i>Clase principal</i>	Clasificación a 3 dígitos por la USPTO de las patentes de acuerdo con la descripción de la invención ^a
<i>Inventor</i>	Aquel que contribuye al proceso de invención.
<i>Dueño</i>	Persona física o moral destinatario del derecho de propiedad de la patente ^b
<i>País inventor</i>	País de origen para cada <i>Inventor</i>
<i>País dueño</i>	País de origen para cada <i>Dueño</i>
<i>Prior Art</i>	Citas de patentes anteriores como referencia de la patente actual

Cuadro 2
(continuación)

<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>
<i>Claims</i>	Define la invención y los aspectos legalmente exigibles de la patente
<i>Clase homologada^c</i>	Clasificación por sector tecnológico de <i>Clase principal</i> basada en el trabajo de Hall y Trajtenberg (2001) ^d
<i>Cita posterior</i>	Citas de patentes posteriores al registro de la patente actual

Fuente: Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO).

Notas: *a)* Se consideró la clase principal de la patente, pues existen casos con más de una clase. Hay patentes en proceso de clasificación, en nuestra base representan 17.7 por ciento. De las que tienen clase asignada, 61.7% tienen sólo una clase, mientras que 25.5% dos clases. *b)* En la USPTO existe la definición del dueño del registro de la patente que transfiere la facultad de propietario a un destinatario final, el cual consideramos como propietario final y, por ende, dueño de la patente. *c)* Hall, Jaffe y Trajtenberg (2001) proponen una clasificación de las múltiples clases en seis categorías principales: químicos (excluyendo medicamentos), computadoras y comunicaciones (C y C), drogas y medicamentos (D y M), eléctrico y electrónico (E y E), mecánico y otros. La categoría “otros” se subdivide en: productos diversos, ropa y textiles, muebles y accesorios para el hogar, pozos y trabajo terrestre, comestibles, recipientes, calefacción, tuberías, dispositivos de entretenimiento. *d)* Las clases más actuales se clasificaron con base en criterios propios fundamentados en las características y descripción de la patente siguiendo el mismo proceso que los autores mencionados.

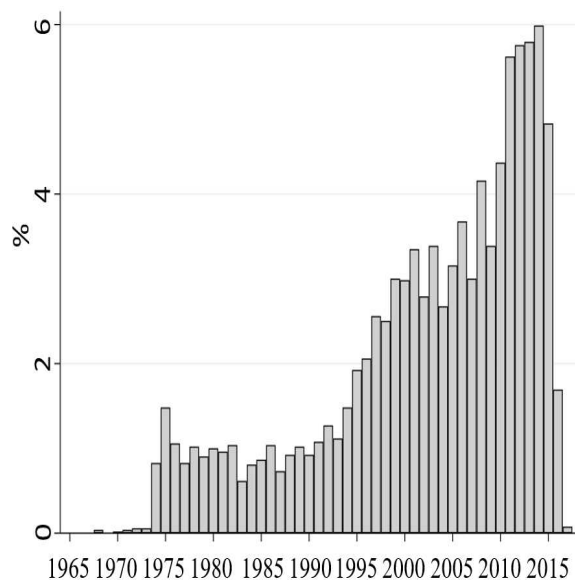
La base de datos utilizada en el presente estudio fue construida con base en las variables del cuadro 2 y abarca patentes otorgadas en el periodo 1968-2017. Se consideraron únicamente *patentes mexicanas*⁵ definidas como aquellas que: *i)* tienen al menos un dueño con

⁵ Nuestra definición de patentes mexicanas es distinta a la utilizada en el cuadro 1 que comprende la definición de la OMPI. Esta última considera patentes mexicanas sólo aquellas en las que el primer solicitante tiene registrado como país de residencia “México”. La muestra de nosotros de patentes mexicanas es más amplia, por definición, debido a que incluye a las patentes registradas en la USPTO que tienen al menos un inventor con residencia en México o al menos un dueño con residencia en México.

domicilio en México o *ii*) tienen un inventor al menos con domicilio en el país. En total, se consideran 5 193 patentes.

En la gráfica 1 se muestra el año de solicitud de las patentes mexicanas otorgadas y observamos que, a partir de 1995, hubo un crecimiento en el número de patentes solicitadas, al pasar de 100 en 1995 a 251 en 2015. En el periodo 1995-2015 se concentran 77% de las patentes mexicanas otorgadas por la USPTO.

Gráfica 1
Año de solicitud



Una posible inquietud al considerar como patente mexicana a aquella que tiene al menos un *inventor mexicano* sería que estuviéramos considerando como patente mexicana aquella en la que hubo un sólo inventor mexicano en un equipo mayoritariamente extranjero. Para descartar que estemos capturando un gran número de este tipo de patentes, creamos la *proporción de inventores mexicanos* por patente (*inventores mexicanos/total de inventores*).

Encontramos que la mayoría de las patentes tienen la totalidad de inventores mexicanos (62%) y 23% tiene menos de la mitad de los inventores mexicanos. En la misma lógica de los inventores, construimos la *proporción de dueños mexicanos* por patente (*dueños mexicanos/total de dueños*) y observamos que de las patentes que tienen

registrado al menos un dueño (4 009 patentes)⁶, 61% tiene cero *dueños mexicanos* y 38% todos los *dueños* son mexicanos.

Otra característica de las patentes es el número de *claims* que cada una tiene registrado. El alcance de una patente está definido por sus *claims*, éstas son verificadas durante el proceso de examinación para determinar su novedad y no obviedad, en donde, una vez otorgada la patente, el dueño de la patente tiene el derecho legal de excluir a terceros de usar la tecnología reclamada sin licencia (Csárdi *et al.*, 2009); cuando el solicitante entrega la solicitud a la oficina de patentes empieza una negociación entre éste y el examinador para definir la permisibilidad de las mismas (Lemley y Shapiro, 2005).

Más aún, Allison *et al.* (2004) observan que el número de *claims* es uno de los predictores del valor económico de una patente y que, además, presentan una relación positiva estas dos variables. En el caso de las *patentes mexicanas*, 50% tiene once *claims* o menos y 90% tiene veinticuatro *claims* o menos, con un máximo de 164 *claims* para una patente.

Las referencias citadas como *prior art* (patentes citadas como referencias), por patente otorgada, son responsabilidad última de los examinadores y, a pesar de que los solicitantes pueden tener incentivos para revelar *prior art* que sea de su conocimiento antes y durante el proceso de examinación, no tienen la obligación legal de buscarlo (Alcácer, Gittelman y Sampat, 2009).

La proporción de referencias añadidas por los examinadores es diferente dependiendo de los campos tecnológicos; computadoras y comunicaciones y eléctrico y electrónicos tienen la mayor proporción, posiblemente asociado a la fragmentación de la protección intelectual, mientras que biomédico y químicos tienen la menor proporción (Alcácer Gittelman y Sampat, 2009). Ello indicaría que el número total de *prior art* contiene información de las estrategias de los solicitantes para obtener mayor cobertura de sus patentes, así como de la experiencia de los examinadores.

En nuestra base de datos, 50% de las patentes tienen nueve referencias o menos y 90% 33 referencias o menos. El máximo de referencias listadas en una patente es de 1 461 patentes. Hay que recordar que la variable de interés en el presente estudio son las citas (posteriores) por patente. En nuestro caso, 46.4% de las patentes mexicanas no habían recibido ninguna cita hasta el 31 de diciembre de 2017. En lo que resta del artículo, nos enfocaremos en aquellas patentes que tienen al menos una cita (2 792 patentes, 53.6% del total).

⁶ Destaca que, del total de las patentes, 74% tiene registrado un sólo dueño.

El objetivo del análisis es descubrir patrones, a través de las citas posteriores de cada patente, de las citas que puedan agrupar a las *patentes mexicanas* en grupos definidos que comparten ciertas características al interior.

4. Metodología

Para analizar el patrón de citas de una patente en el tiempo, se utilizó la metodología de Clarkson *et al.* (2007), la cual permite estudiar la estructura dependiente del tiempo que caracteriza a las redes de citas, en particular, las citas de patentes.

En nuestro análisis se considera red de citas como una red de información en la que los nodos representan patentes y los vértices entre éstos corresponden a la cita de una patente a otra. Las redes de citas se distinguen de otras redes principalmente en tres aspectos: en primer lugar están dirigidas: las citas van de un nodo a otro, en segundo, las redes de citas evolucionan con el tiempo a medida que se crean nuevos nodos y tercero: las redes de citas son acíclicas ya que, cuando se agrega un nuevo nodo a una red de citas, éste puede citar cualquiera de los nodos previamente existentes, pero no puede citar vértices que aún no se han creado.

De acuerdo con Clarkson *et al.* (2007) en las redes de citas con las características descritas en esta sección, tales como artículos científicos, jurisprudencias o patentes, se pueden identificar patrones de citas en común entre los objetos de estudio mediante el algoritmo de maximización de expectativas.

Hasta donde hemos investigado, el trabajo que aquí presentamos es el primero que utiliza dicha metodología para identificar patrones de citas en común entre patentes. Sin embargo, dos ejemplos del uso de la metodología han sido el análisis de la utilidad de jurisprudencias de la Suprema Corte de Estados Unidos (Clarkson *et al.*, 2007) y el del impacto de artículos científicos en otros artículos en Australia (Izquierdo *et al.*, 2009).

A diferencia del análisis de redes que consideran sólo el número de vértices de cada nodo, la metodología de Clarkson *et al.* (2007) permite responder preguntas como si hay más citas inmediatamente después de la publicación de una patente o si éstas crecen con menor o mayor frecuencia con el tiempo. También permite saber si hay más de un patrón común de citas para distintas patentes. Su método se basa en definir distintos grupos de perfiles de citas y de manera consistente asignar cada patente al perfil que mejor se adapte, al mismo tiempo

que se ajusta la forma de los perfiles para que se adapten mejor a los casos que se les asignaron. Para llevar a cabo esta tarea utilizan un algoritmo de maximización de expectativas (EM).

Dempster, Laird y Rubin (1977) propusieron el método de EM para estimar parámetros por medio de máxima verosimilitud de manera iterativa cuando las observaciones pueden ser consideradas como incompletas, ya sea, por ejemplo, porque hay datos faltantes o porque hay datos censurados o truncados. El algoritmo toma su nombre del hecho de que cada iteración representa un paso previo de expectativa que se utiliza posteriormente para maximizar la función de máxima verosimilitud.

En particular, supóngase que se tiene una red de n vértices que representa el número total de las patentes y se piensa que se pueden dividir en c grupos, cada uno de los cuales se caracteriza por una distribución de probabilidad particular de citas a lo largo del tiempo.⁷ El enfoque para encontrar los grupos será adaptar la red de citas de patentes a un modelo que consta de dos partes:

(1) un conjunto de perfiles en el tiempo $\{\theta_r(t)\}$, uno para cada grupo, tal que $\theta_r(t)$ es la probabilidad de que una cita particular recibida por un documento en el grupo r se haga durante el año t .

(2) un conjunto de probabilidades π_r , tal que π_r es la probabilidad de que una patente elegida al azar pertenezca al grupo r . En otras palabras, π_r es la fracción esperada de los documentos pertenecientes al grupo r .

Este modelo se adaptará a los datos observados maximizando la probabilidad del conjunto observado de citas dado el modelo (función de verosimilitud).

Por ejemplo, supóngase que la patente i pertenece al grupo g_i y $z_i(t)$ es el número de citas que recibe la patente en el año t . Entonces, la probabilidad de que la patente i reciba las citas particulares que tuvo y esté en el grupo g_i , dados los parámetros del modelo, es:

$$\Pr(z_i, g_i | \pi, \theta) = \Pr(z_i | g_i, \pi, \theta) \Pr(g_i, \pi, \theta) \quad (1)$$

Si se supone que se extraen citas aleatorias y no correlacionadas del perfil de tiempo θ_{g_i} , los términos del lado derecho de la ecuación están dados por:

⁷ El número de grupos c corresponderá a aquél que mejor describa los datos.

$$\Pr(z_i|g_i, \pi, \theta) = k_i! \prod_{t_1}^{t_2} \frac{[\theta_{g_i}(t)]^{z_i(t)}}{z_i(t)!} \quad (2)$$

$$\Pr(g_i|\pi, \theta) = \pi_{g_i} \quad (3)$$

donde $k_i = \sum_t z_i(t)$ es el número total de citas que recibe la patente i dentro del periodo t_1 a t_2 . Al tomar el producto sobre todas las patentes, el logaritmo de la función de máxima verosimilitud es:

$$\lambda = \ln L = \sum_{i=1}^n [\ln \Pr(g_i|\pi, \theta) + \ln \Pr(z_i|g_i, \pi, \theta)] \quad (4)$$

Desafortunadamente, λ depende de la probabilidad de pertenecer al grupo g_i , la cual ignoramos. No obstante, Clarkson *et al.* (2007) resuelven esto calculando la distribución de probabilidad de los valores de los patrones de citas observados. Escribimos la probabilidad de una asignación particular de patentes a grupos como $\Pr(\{g_i\}|z, \pi, \theta)$. Posteriormente, calculamos el valor esperado del logaritmo de la función de máxima verosimilitud como el promedio de la ecuación (4) sobre todas las posibles asignaciones de una patente a grupos, por lo tanto:

$$\begin{aligned} \bar{\lambda} &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^c \Pr(g_i = r|z_i, \pi, \theta) \\ &\times [\ln \Pr(g_i = r|\pi, \theta) + \ln \Pr(z_i|g_i = r, \pi, \theta)] \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{r=1}^c q_{ir} \ln \pi_r + \ln k_i! + \sum_{t=t_1}^{t_2} [z_i(t) \ln \theta_r(t) - \ln z_i(t)!] \end{aligned} \quad (5)$$

donde

$$q_{ir} = \Pr(g_i = r|z_i, \pi, \theta)$$

es la probabilidad de que la patente i pertenezca al grupo r dado el modelo y el patrón de citas observado. Esta probabilidad logarítmica

esperada representa la mejor estimación del valor del logaritmo de la verosimilitud dado lo que sabemos sobre el sistema. Al utilizar las ecuaciones (1) a (3) tenemos que:

$$q_{ir} = \frac{\pi_r \prod_t [\theta_r(t)]^{z_i(t)}}{\sum_k \pi_k \prod_t [\theta_k(t)]^{z_i(t)}} \quad (6)$$

Sustituimos esta expresión en $\bar{\lambda}$ (ec. 5) para encontrar los valores de los parámetros del modelo que lo maximizan. Al derivar con respecto a π_r , sujeto a que se debe cumplir la condición de normalización $\sum_r \pi_r = 1$ donde α es el multiplicador de Lagrange tenemos que:

$$\pi_r = \frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^n q_{ir} \quad (7)$$

Al considerarse el hecho de que $\sum_r q_{ir} = 1$ se tiene que:

$$\pi_r = \frac{1}{n} \sum_i q_{ir} \quad (8)$$

Del mismo modo, θ_r tiene que satisfacer la condición de normalización $\sum_t \theta_r(t) = 1$ para todo r , por lo que hay un conjunto c de multiplicadores de Lagrange $\{\beta_r\}$. Derivamos la ecuación (5) respecto a θ_r , usamos la ecuación (2) y que por definición $k_i = \sum_t z_i(t)$ para obtener:

$$\theta_r(t) = \frac{\sum_i q_{ir} z_i(t)}{\sum_i q_{ir} k_i} \quad (9)$$

Para calcular los valores óptimos de los parámetros del modelo, así como las variables de pertenencia al grupo q_{ir} , se resuelve la ecuación (6) simultáneamente con las ecuaciones (8) y (9). La forma más sencilla de hacerlo es la iteración numérica. Se parte de una suposición inicial sobre los valores de $\{\pi_r, \theta_r(t)\}$, evaluamos la ecuación (6) y luego usamos los resultados para hacer una estimación mejorada de los parámetros del modelo de las ecuaciones (8) y (9).

Bajo condiciones razonables, se sabe que este proceso converge a una solución consistente.

Es interesante que el algoritmo propuesto por Clarkson *et al.* (2007) provee resultados complementarios a los obtenidos en el análisis de *clústeres* o detección de comunidades en redes. La principal diferencia radica en que el algoritmo de EM agrupa nodos con perfiles de citas similares (frecuencia y temporalidad) mientras que el análisis de detección de comunidades agrupa nodos que están explícitamente conectados entre ellos.

5. Resultados

El algoritmo de optimización EM, descrito en la sección anterior, es particularmente relevante para el análisis de una red de citas de patentes que evoluciona con el tiempo y que presenta una estructura grande (Clarkson *et al.*, 2007). Para implementar la metodología, programamos en *Matlab* la iteración numérica para obtener la ecuación (6) que define la pertenencia de cada patente a cada grupo.

De acuerdo con nuestro conocimiento, este es el primer estudio que usa dicha metodología para el caso mexicano y, en general, es un metodología que ha sido poco utilizada en el análisis de redes que evolucionan continuamente en el tiempo, como el caso de citas de patentes, y que cumplen las características descritas anteriormente (acíclicas y dirigidas).

Debido a que dicho algoritmo toma como único insumo las citas por año de cada patente para asignarlas en los distintos grupos, una inquietud sería que la antigüedad de la patente sea la principal característica al interior de los grupos. Es decir, los grupos podrían encubrir la heterogeneidad en el patrón de citas en sí mismo y sólo mostrar la heterogeneidad asociada a las distintas antigüedades.

Es por ello que la principal pregunta sería: ¿si todas las patentes partieran de un punto común, cuál es el patrón de citas de cada una? Para responder a ella, consideramos el año cero de cada patente como el año en el que fue solicitada a la USPTO, el año uno como el año siguiente al que fue solicitada, y así sucesivamente.

Para ejemplificar lo anterior, considérese el cuadro 2, supongamos que una patente fue solicitada en 1980 (año cero) y que en 1981 (año 1), 1983 (año 3) y 1985 (año 4) obtuvo 2, 1 y 4 citas en cada año, respectivamente.

Cuadro 3
Concentración temporal para el algoritmo

<i>Año de solicitud</i>	<i>1980</i>	<i>1981</i>	<i>1982</i>	<i>1983</i>	<i>1983</i>	<i>1985</i>
Año del algoritmo	0	1	2	3	4	5
Número de citas	0	2	0	1	4	0

Como se explicó en la sección previa, la red de citas considerada en Clarkson *et al.* (2007) asume que los vértices van en una sola dirección, de tal forma que el vértice que va de la patente A a la patente B sólo puede aparecer si A fue solicitada a la oficina de patentes, estrictamente, antes que B. Para que se cumpla dicho supuesto, eliminamos 244 citas que ocurren en años negativos, ya sea por error en la captura de la USPTO o porque los examinadores agregan citas anteriores durante el proceso de revisión.

Las citas que se analizarán corresponden a 2 792 *patentes mexicanas* con al menos una cita posterior y se consideran las citas hechas hasta el 31 de diciembre de 2017. Recordemos que el número de citas posteriores de cada patente debe de ser interpretado como *proxy* de impacto tecnológico o de valor económico de la patente.

Es posible identificar tres grupos de patentes que muestran patrones de citas posteriores diferentes, entre aquellas que tienen, al menos, una cita.⁸ Se eligió hacer el análisis con tres grupos porque muestra claramente la heterogeneidad implícita de los patrones de citas de las patentes, mostrando la presencia de distintos grupos de patentes mexicanas registradas en Estados Unidos asociados, posiblemente, a características de éstas.

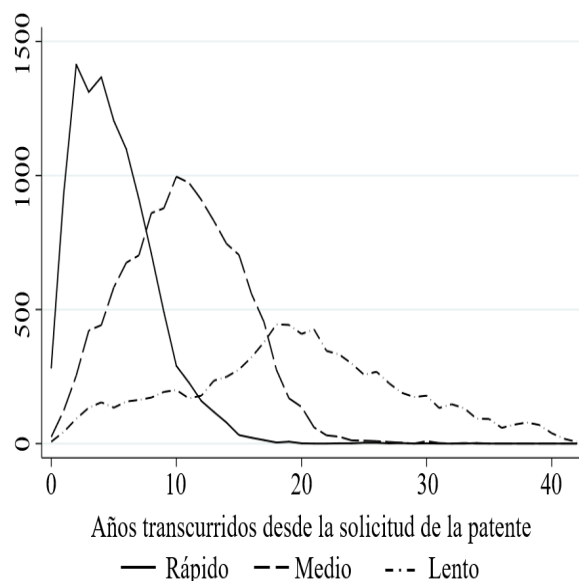
Definimos los grupos como “rápido”, “medio” y “lento” de acuerdo con lo observado en la gráfica 2, la cual muestra el número de citas posteriores para cada uno de los grupos. El grupo “rápido” es el que más patentes contiene (1 426), seguido por el grupo “medio” (849) y el “lento” (517).

- El grupo “rápido” está caracterizado por un número total de citas grande durante los primeros 5 años de la vida de las patentes y después decae rápidamente. La distribución del número total de citas posteriores está sesgada a la derecha.

⁸ Como se menciona en Clarkson *et al.* (2007), elegir un mayor número de grupos seguramente ajustará mejor los datos; sin embargo, hay que ser cuidadosos en no sobre ajustar los datos y elegir el número de grupos que extraigan la información relevante.

- El grupo “medio” tiene una distribución del total de citas centrada en 10 años y es sesgada a la derecha/ simétrica.
- El grupo “lento” presenta una distribución simétrica centrada en 20 años aproximadamente.

Gráfica 2
Número de citas posteriores



Una manera alternativa de explicar las diferencias en los grupos es mediante la fracción de citas por grupo, para cada año (gráfica 3). En el año cero de todas las patentes, 90% de las citas provienen del grupo “rápido”, 8% del “medio” y 2% del “lento”. La fracción de citas del grupo “rápido” decrece rápidamente y para el año 10 aporta sólo 19.5% del total de citas.

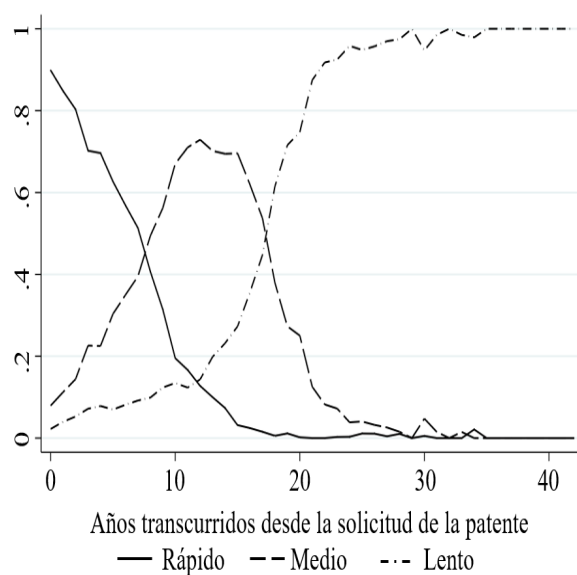
El grupo “lento” muestra un comportamiento contrario al del grupo “rápido”, en el año 10 aporta 13.5% de las citas y para el año 20 la fracción crece a 74.8%.

En cuanto al grupo “medio”, la fracción de citas que aporta alcanza su máximo en el año 12 con 72.9% de las citas y decrece hasta 25% en el año 20.

Una pregunta natural que surge al observar el patrón de citas del grupo “rápido” es si el gran número de citas totales en los primeros años de vida de sus patentes es porque en promedio todas tienen citas

durante esos años o porque existen algunas patentes superestrellas que reciben citas extraordinariamente altas.

Gráfica 3
Proporción del número de citas



Para responder a ello, consideramos los primeros cinco años de vida de cada patente.⁹ La elección de cinco años está basada en que se ha encontrado que el dueño de una patente descubre el valor de ésta durante sus primeros cinco años (Pakes y Schankerman, 1986). Además, debido a que las citas de una patente están afectadas por el tiempo total de exposición de la misma, en donde lo esperado es que en promedio una patente más vieja (solicitada en años anteriores) tenga más citas totales que una más nueva, es necesario establecer una medida que no esté afectada por la antigüedad de las patentes.

Si observamos los primeros cinco años de vida de las patentes (gráfica 4), el grupo “rápido” tiene la mayor mediana de citas por patente (tres citas) de los tres grupos, mientras que para el “medio” y “lento” es de una cita por patente.

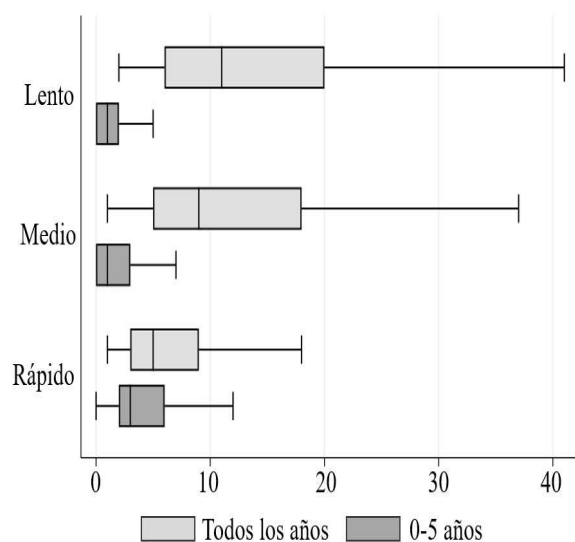
⁹ Consideramos patentes solicitadas hasta 2012 para contemplar los primeros cinco años de cada patente, con un total de 2 678 patentes.

Por otro lado, cuando se consideran todos los años posibles de vida de una patente en nuestra base de datos (43 años), la mediana del grupo “rápido” es cinco citas por patente, en tanto que para el “medio” y “lento” es de nueve y 11 citas por patente, respectivamente.

Más aún, debido a que las distribuciones de las citas de los primeros cinco años, considerando todos los años, en el grupo “rápido” son parecidas entre sí en comparación con los otros dos grupos, lo que indicaría que, dicho grupo, está caracterizado por recibir citas en una etapa muy temprana de la vida de sus patentes y que, además, ello define lo que pasará en la vida restante de las mismas.

Gráfica 4

Número de citas posteriores a todas las patentes



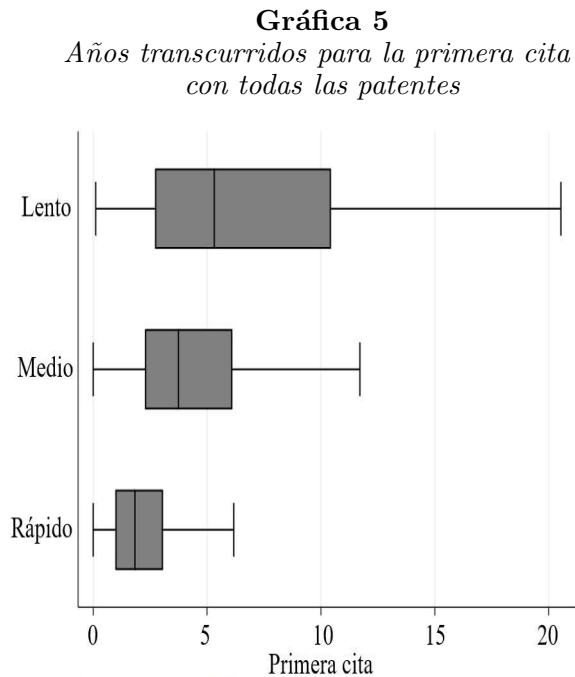
Nota: valores extremos excluidos.

Adicionalmente, se observa que la dispersión en citas por patente al considerar todos los años es notablemente menor en el grupo “rápido” y más grande para el “lento” (gráfica 4). Lo que indicaría que las citas en el grupo “rápido” son más homogéneas al interior del grupo que en los otros dos.

Por otro lado, si se consideran únicamente los primeros cinco años, la media de las citas del grupo “rápido” es 4.6 citas, mientras que una patente en el grupo “medio” recibe menos de la mitad de estas citas (2.2) y el grupo “lento” recibe 1.1 citas en el mismo periodo.

Lo anterior indicaría que las citas de las patentes del grupo “rápido” suceden en una etapa muy temprana de la vida de ésta. Para consolidar este argumento, podemos analizar el tiempo que tarda en ocurrir la primera cita de cada patente¹⁰ por grupo.

En la gráfica 5 se muestra la distribución de los años transcurridos para que ocurra la primera cita por grupo y observamos que la mediana del “rápido” es 1.8 años comparada con 3.7 y 5.3 años de “medio” y “lento”, respectivamente. El orden se mantiene para los percentiles siguientes de la distribución.¹¹



Se puede afirmar que el grupo “rápido” está conformado por patentes que reciben citas muy pronto después de solicitadas y lo hacen sostenidamente durante los primeros años de vida. Por otro lado, el grupo “medio” tarda más años en recibir citas, pero en total recibe

¹⁰ (fecha de solicitud de la patente que es la primera cita - fecha de solicitud de la patente mexicana citada)/365.

¹¹ Por ejemplo, el percentil 75 es de 3.1, 6.1 y 10.4 años, para el grupo “rápido”, “medio” y “lento”, respectivamente.

más que el “rápido”, pero menos que el grupo “lento”. Una característica importante del grupo “lento” es que sus patentes reciben pocas citas en los primeros años de vida, pero en total reciben más citas y hay más dispersión al interior de éstas tanto en términos de ocurrencia como de número total.

5.1. Características de las patentes por grupo

Una vez identificados los grupos de patentes es interesante determinar posibles características de las patentes que pudieran afectar su pertenencia a cada uno de ellos. Una pregunta natural es si la composición regional del equipo de inventores revela información. En este sentido, en la gráfica 6 se muestra la media de la proporción de inventores mexicanos¹² por patente de acuerdo con el grupo y observamos que el grupo “lento” es el que mayor presencia de inventores mexicanos tiene en promedio (88% por patente), mientras que el grupo “rápido” es el de menor presencia por patente (72%).¹³

En cuanto a la proporción de dueños mexicanos por patente,¹⁴ en la gráfica 6 se observa que la diferencia es más pronunciada entre grupos, en un orden idéntico al de la proporción de inventores mexicanos. El grupo “lento” tiene una media de 74% de dueños mexicanos, en tanto que el grupo “medio” y “rápido” tienen medias de 59% y 44%, respectivamente.¹⁵

Lo anterior apuntaría a que las patentes que reciben el mayor número de citas en una etapa muy temprana de su vida (“rápido”) son aquellas que tienen la menor proporción de dueños y de inventores mexicanos. Sin embargo, es sorprendente que las patentes que tienen menos de la mitad de los dueños mexicanos pertenezcan a este grupo.

¹² La proporción de inventores mexicanos por patente es el número de inventores con domicilio registrado en México dividido entre el número total de inventores.

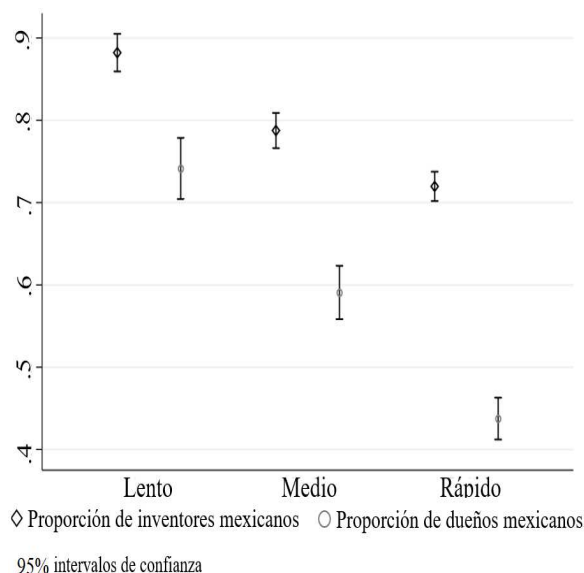
¹³ Para todos los grupos la mediana de la proporción de inventores mexicanos por patente es 1.

¹⁴ La proporción de dueños mexicanos por patente es el número de dueños con domicilio registrado en México dividido entre el número total de dueños. Existen 767 patentes registradas sin dueño, en esos casos, imputamos la proporción de inventores mexicanos a esta variable debido a que legalmente si una patente no tiene dueño registrado, los inventores son los dueños de la misma.

¹⁵ La mediana de la proporción de dueños mexicanos es 1 para los grupos “lento” y “medio” y 0 para el “rápido”.

Ello abre una posible línea de investigación en donde se analice la intensidad de la presencia de empresas transnacionales en la actividad innovadora en México y si ella ha variado con el tiempo.

Gráfica 6
Proporción de inventores y dueños mexicanos por grupo de patentes



Hemos registrado que una mayor proporción de inventores y de dueños mexicanos están relacionados con un mayor número de citas en el largo plazo y con un inicio lento en los primeros cinco años (“lento”), pero se deja para un trabajo futuro identificar los motores que llevan a que una patente tenga esta composición de inventores y de dueños en el caso mexicano.

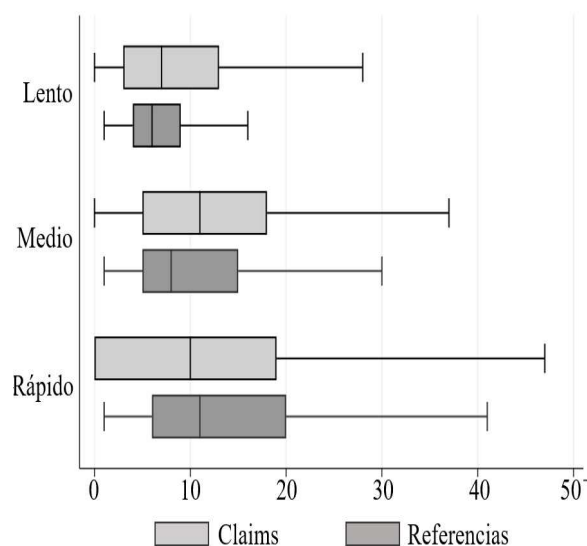
Si analizamos el número de *claims* por patente en cada grupo (gráfica 7), observamos que el grupo “rápido” tiene la mayor mediana, pero también la mayor dispersión. Es decir, si un mayor número de *claims* es un *proxy* de un mayor valor económico de la patente, entonces las patentes del grupo “rápido” tendrían el valor más alto, mientras que el grupo “lento” el más bajo.

Más aún, de acuerdo con diversos autores (por ejemplo, Allison *et. al*, 2004; Moore, 2005), el número de patentes citadas como referencia (*prior art*) también sirve como predictor del valor económico

de una patente, en donde a mayor número de referencias, mayor el valor de la patente.

La gráfica 7 muestra el número de referencias de cada patente por grupo y encontramos que el grupo “rápido” tiene la mayor mediana (11) y media (22.9), mientras que el grupo “lento” las menores, 6 (mediana) y 7.5 (media) referencias. Además, la distribución de las referencias del grupo “rápido” muestra que está sesgada a la derecha con una cola muy grande comparada con los otros grupos.

Gráfica 7
Total de claims y de referencias por patente,
ordenado por grupos



Nota: valores extremos excluidos.

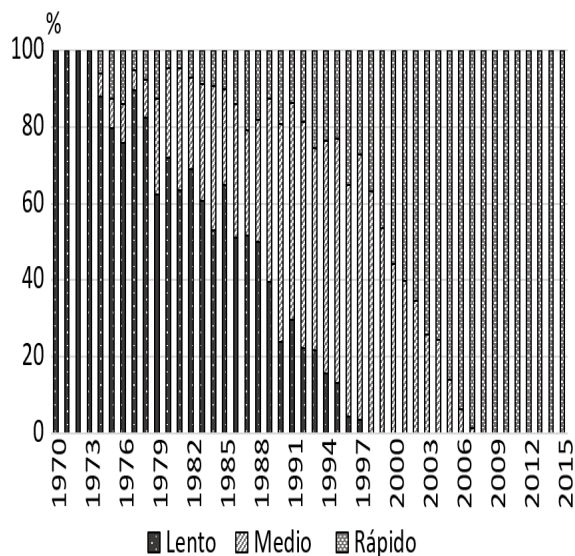
De acuerdo con lo anterior, las patentes con dueños mayoritariamente mexicanos (“lento”) no sólo tardan más en ser citadas, sino están relacionadas con un menor valor económico asociado a menor número de *claims* y de *referencias*.

Debido a que los solicitantes de las patentes no están obligados a ser exhaustivos en las patentes que proporcionan como referencia al momento de la aplicación y que los examinadores son los últimos encargados de enumerar las referencias relevantes (Lemley y Shapiro, 2005), se podría argumentar que el grupo de patentes que tiene más dueños extranjeros (“rápido”) probablemente tiene mayores recursos para que la búsqueda de *prior art* sea más profunda, pre-solicitud.

En este sentido, también podríamos teorizar que los dueños extranjeros tienen departamentos/despachos más especializados en solicitudes de patentes que les permiten incluir más *claims* que sean aceptadas por el examinador y les brinde mayor protección legal futura a sus patentes lo que las hace más valiosas. Hemos encontrado que el grupo “rápido” está asociado a un mayor valor económico relacionado con un mayor número de *claims* y de *prior art* y que, además, está compuesto por patentes que tienen dueños mayoritariamente extranjeros. Entonces, si las patentes que pertenecen a cada grupo tienen características bien definidas, la siguiente pregunta sería si existe un cambio cronológico en la ocurrencia de los grupos.

En cuanto a la antigüedad de las patentes al interior de los grupos, en la gráfica 8 se muestra, por año de solicitud, el porcentaje de patentes que pertenecen a cada grupo. Encontramos que las patentes más antiguas (1970-1987) son en su mayoría del grupo “lento” y las más nuevas (1999-2015) del grupo “rápido”. Es decir, los grupos “lento” y “rápido” están separados por la antigüedad de las patentes, en donde el “lento” desaparece a partir del año 1998.

Gráfica 8
Composición de grupos por año de solicitud de las patentes



Es interesante anotar que el porcentaje de patentes que pertenece al grupo “medio” se mantiene más o menos constante de 1978 a 1988, aumenta su participación los siguientes diez años y decrece posteriormente hasta desaparecer en el año 2008.

No es sorprendente saber que las patentes más viejas son las que están asociadas con mayor número de citas totales (“lento”), pero sí es interesante encontrar que son las que menos citas reciben en los primeros cinco años de vida y las que están asociadas a un menor valor económico futuro (menor número de *claims* y de *prior art*). Lo que indicaría que las patentes más recientes son más valiosas y, posiblemente asociado a ello, son citadas más prontamente.

Cabe recordar que la decisión de patentar es vista como una decisión estratégica en industrias en las que un portafolio de patentes grande es una señal de superioridad técnica para los consumidores, competidores y posibles inversionistas (Hall y Ziedonis, 2001).

En este sentido, existen diferencias de acuerdo con el tipo de innovación que ocurre. Las innovaciones incrementales se caracterizan por extender y/o refinar un diseño integral existente, en donde elementos individuales son mejorados, por otro lado, está la innovación radical que establece un nuevo diseño de forma integral en la que la relación de los elementos individuales cambia (Clark y Henderson, 1990).

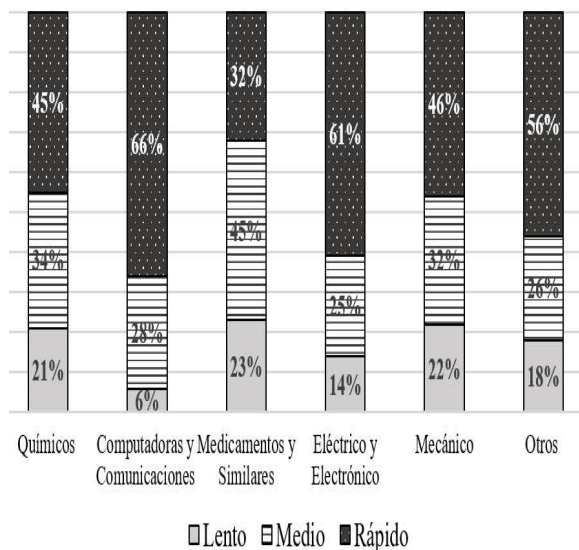
Si analizamos las clases tecnológicas de las patentes (gráfica 9), encontramos que *computadoras y comunicaciones* y *eléctrico y electrónico* son las que más patentes del grupo “rápido” tienen, 66% y 61%, respectivamente. Por otro lado, *medicamentos y similares* es la clase que menos patentes del grupo “rápido” tiene, 32 por ciento.

Lo anterior resulta relevante porque se podría pensar que tecnologías como *computadoras y comunicaciones* y *eléctrico y electrónico* se distinguen por tener una tasa de cambio tecnológico acelerado, en donde las innovaciones son mayoritariamente incrementales y que con frecuencia dan lugar a una *maraña de patentes* Shapiro (2001)¹⁶.

Moore (2005) encuentra que las patentes de *computadoras y comunicaciones* y *eléctrico y electrónico* son las que más probabilidad tienen de ser renovadas, aunque las primeras son las más litigadas entre las seis clases tecnológicas, lo que refuerza el argumento expuesto anteriormente de que el grupo “rápido” es el asociado a un mayor valor económico.

¹⁶ El autor define una maraña de patentes (*patent thicket*) como el conjunto de derechos de patentes que requieren que aquellos que buscan comercializar una nueva tecnología obtengan licencias de múltiples titulares de patentes.

Gráfica 9
Composición de clases tecnológicas por grupos



Por otro lado, *medicamentos y similares* está compuesto, principalmente, por el grupo “lento” (45%) que hemos señalado puede estar relacionado con patentes de menor valor económico. Esto podría explicarse con la estrategia de patentamiento diferenciada por tecnología, en la cual los medicamentos son generalmente patentados en una etapa muy temprana del proceso de I+D, lo que implícitamente convierte a esas patentes en una lotería (Moore, 2005).

Patentes de tecnologías que cambian drásticamente son capaces de generar mayores ganancias y proteger la cuota de mercado en el corto plazo de quien es dueño de éstas, comparadas con patentes de medicinas que generalmente tardan años en ser aprobadas para su comercialización (Moore, 2005).

6. Conclusiones

En el presente artículo se utilizó la metodología de Clarkson *et al.* (2007) para analizar el patrón de citas de las patentes mexicanas registradas ante la USPTO en el tiempo. Con base en esta metodología, caracterizamos tres grupos de perfiles distintos de citas para 2 792 patentes mexicanas.

El grupo “rápido”, que recibe el mayor número de citas en una etapa muy temprana de su vida (5 años), *versus* el “medio” y el “lento” que los reciben, aproximadamente, a los 10 y 20 años de haber sido solicitada la patente, respectivamente.

Al investigar los factores que están asociados a estos distintos perfiles, encontramos que el grupo “rápido” de patentes son aquellas que tienen la menor proporción de dueños y de inventores mexicanos. Por su parte, el grupo “lento” tiene dueños mayoritariamente mexicanos y las patentes no sólo tardan más en ser citadas, sino que están correlacionadas con un menor valor económico, medido como un menor número de *claims* y de *prior art*. Dicho grupo está compuesto por patentes más viejas, lo cual está asociado a un mayor número de citas totales.

Nuestros resultados apuntan a que las patentes más recientes están relacionadas con un mayor valor económico y, posiblemente, por ello son citadas más prontamente; más aún, encontramos que son las patentes que tienen la menor proporción de inventores y de dueños mexicanos.

Lo presentado aquí se puede contrastar con un estudio previo, Meza (2016), que investiga el efecto de la internacionalización de las empresas mexicanas sobre la innovación, definida ésta como la generación de nuevos productos y procesos. El autor toma como base una muestra de 2 285 empresas manufactureras mexicanas para el periodo 2008-2009. Entre otros resultados, encuentra que las empresas de capital 100% extranjero en México no son más propensas a innovar que sus contrapartes nacionales, lo que sugiere que en las empresas multinacionales las innovaciones se llevan a cabo en las oficinas matrices, y no en las empresas subsidiarias.

A diferencia de Meza (2016), nuestro estudio sugiere que aquellas empresas cuyos dueños son mayoritariamente extranjeros tienden a patentar innovaciones asociadas a factores que repercuten en un mayor valor económico. Lo que nos dice que, si bien estas empresas podrían no estar innovando más que las empresas mayoritariamente mexicanas, lo hacen en patentes que tienen mayor valor y aplica a todos los sectores, no sólo a las manufacturas. De dicho resultado se deriva que el gobierno debe impulsar el esfuerzo innovador de las instituciones nacionales mediante políticas que permitan a estas instituciones apropiarse, efectivamente, de los resultados de su actividad innovadora y de las ganancias derivadas de ella. Por ejemplo, mediante oficinas que apoyen en el patentamiento en otros países. El hecho de que las instituciones extranjeras tengan mayor número de *claims* y de *prior art* podría deberse a falta de recursos o conocimiento en tér-

minos de los rubros que impacta la patente. Un mayor asesoramiento ayudaría a los dueños mexicanos a solicitar más *claims* y, en términos económicos, a tener ganancias más rápido.

Los resultados que hemos obtenido son consistentes con lo que argumenta Levy (2018), quien señala que las políticas e instituciones desplegadas para mejorar la inclusión social gravan al sector de alta productividad de la economía y subsidian al sector de baja productividad, frenando el crecimiento. Esto implicaría que tales políticas obstaculizan actividades que favorecen la productividad de las empresas, tal como el I+D, que se manifiesta en creación de patentes, que incluye la creación de patentes con alto valor económico.

En el mismo sentido, Acemoglu *et al.* (2018) ofrecen una posible explicación para la baja actividad innovadora en empresas poco productivas en México que, de otra forma, deberían de desaparecer. En su modelo de crecimiento existen empresas con alta y baja actividad innovadora y el gobierno provee incentivos indiscriminadamente para ambas empresas. Las empresas emplean mano de obra calificada para llevar a cabo labores de I+D. En empresas con baja actividad innovadora la productividad de los empleados será baja, incluso a los altamente calificados, y en total la productividad de la empresa será menor que en las de alta actividad innovadora. Además, si existe una alta proporción de empleados altamente calificados en actividades meramente operativas que se llevan a cabo principalmente en empresas de baja productividad, esto llevará a un menor crecimiento económico. Idealmente, el planeador social debería de reacomodar mano de obra altamente calificada en actividades de I+D de empresas de alta productividad.

Dadas las predicciones de Acemoglu *et al.* (2018) y los resultados de Levy (2018), otra posible implicación para la política pública es que los subsidios al I+D deben concentrarse no sólo por sectores sino, dentro de cada uno de ellos, a las empresas que sean más productivas y que puedan aprovechar de manera más eficiente la mano de obra altamente calificada. De otra forma, si la política se aplica uniformemente sin hacer esta distinción, podría ocurrir que empresas poco innovadoras absorban capital humano calificado necesario para llevar a cabo actividades de I+D que principalmente se desarrollan en empresas altamente productivas.

Finalmente, una desventaja del estudio que realizamos es que nuestra medida de valor económico es sólo un *proxy* del retorno económico de la patente. Idealmente, si se tuviera información de costos, como el tiempo que tardó la etapa de I+D para lograr dicha invención y el costo financiero de la misma, además de información sobre

ingresos, como regalías por licencias o ganancias por nuevos productos derivados de la patente, se podría calcular el retorno económico de ésta. Se deja para futuras investigaciones el analizar si el grupo “rápido” de patentes efectivamente es el que genera un mayor beneficio para el dueño.

Agradecimientos

Agradecemos los valiosos comentarios de dos árbitros anónimos que ayudaron a mejorar el trabajo, así como a Miguel Ángel Gaytán por su excelente asistencia en la investigación. Asimismo, apreciamos el apoyo para la recolección de datos de patentes brindado por la Coordinación de Servicios de Cómputo del Colegio de México, en particular, de Gabriela Evangelista y Víctor Rojas. aurora.ramirez@colmex.mx, dterrazas@colmex.mx

Referencias

- Acatitla, E., A. Guzmán y T. Vázquez. 2016. Propensity toward industry-science links across Mexico’s technological sectors: An analysis of patents, 1980-2013, *EconoQuantum*, 13(1): 125-157.
- Acemoglu, B.D., U. Akcigit, H. Alp, N. Bloom, y W. Kerr. 2018. Innovation, reallocation, and growth, *American Economic Review*, 108(11): 3450-3491.
- Aghion, P. y P. Howitt. 1992. A model of growth through creative destruction, *Econometrica*, 60(2): 323-351.
- Alcácer, J., M. Gittelman y B. Sampat. 2009. Applicant and examiner citations in US patents: An overview and analysis, *Research Policy*, 38(2): 415-427.
- Allison, J.R., M.A. Lemley, K.A. Moore y R.D. Trunkey, 2004. Valuable patents, *Georgetown Law Journal*, 92(3): 435-479.
- Anderson, M.H., K. Cameron, D. Cislo y J. Saavedra. 2014. Why international inventors might want to consider filing their first patent application at the United States patent office & the convergence of patent harmonization and e-commerce, *Santa Clara High Technology Law Journal*, 30(4): 555-579.
- Arrow, K. 1962. Economic welfare and the allocation of resources for invention, en R. Nelson (Ed.) *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, Princeton University Press, pp. 609-626.
- Barroso, W., E. Pacheco y L. Quoniam. 2009. Patents as technological information in Latin America, *World Patent Information*, 31(3): 207-215.
- Calderón, J., P. Flores y G.M. Martínez. 2012. Redes de conocimiento en empresas de la industria electrónica en México, *Economía: Teoría y Práctica*, 37: 121-143.
- Clark, K.B. y R.M. Henderson. 1990. Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms, *Administrative Science Quarterly*, 35(1): 9-30.

- Clarkson, G., E.A. Leicht, K. Shedden y M.E.J. Newman. 2007. Large-scale structure of time evolving citation networks, *The European Physical Journal B*, 59(1): 75-83.
- Csardi, G., P. Erdi, J. Tobochnik, K. J. Strandburg, y L. Zolányi. 2009. Patent citation networks revisited: Signs of a twenty-first century change?, *North Carolina Law Review*, 87(5): 1657-1698.
- De Rassenfosse, G. y A. B. Jaffe. 2017. Patent citation data in social science research: Overview and best practices, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(6): 1360-1374.
- Dempster, A.P., N.M. Laird y D.B. Rubin, 1977. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm, *Journal of the Royal Statistical Society Series B Methodological*, 39(1): 1-38.
- Easterly, W., N. Fiess y D. Lederman. 2003. NAFTA and convergence in North America high expectations, big events, little time, *Economía*, 4(1): 1-53.
- Érdi, P., K. Makovi, Z. Somogyvári, K. Strandburg, J. Tobochnik, P. Volf y L. Zolányi. 2013. Prediction of emerging technologies based on analysis of the US patent citation network, *Scientometrics*, 95(1): 225-242.
- Hall, B.H. y M. Trajtenberg. 2004. Uncovering GPTS with patent data, NBER Working Paper, 10901.
- Hall, B.H., A.B. Jaffe y M. Trajtenberg. 2001. The NBER patent citation data file: Lessons, insights and methodological tools, NBER Working Paper, 8498.
- Hall, B.H. y R.H., Ziedonis. 2001. The patent paradox revisited: An empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1979-1995, *The RAND Journal of Economics*, 32(1): 101-128.
- Hernández Trillo, F. 2018. Mexico, NAFTA, and beyond, *International Trade Journal*, 32(1): 5-20.
- Izquierdo, L.R., M.A. Janssen, R.R.J. McAllister y D.M. Stafford Smith. 2009. Research impact within the international arid literature: An Australian perspective based on network theory, *Journal of Arid Environments*, 73(9): 862-871.
- Lederman, D. y W.F. Maloney. 2005. Innovation in Mexico: NAFTA is not enough, en D. Lederman, W.F. Maloney y L. Servén (comps.), *Lessons from NAFTA. For Latin America and the Caribbean Countries*, Washington, DC: The World Bank.
- Levy Algazi, S. 2018. *Under-rewarded efforts: The elusive quest for prosperity in Mexico*, Inter-American Development Bank.
- Lemley, M.A. y C. Shapiro. 2005. Probabilistic patents, *Journal of Economic Perspectives*, 19(2): 75-98.
- Mansfield, E. 1986. Patents and innovation: An empirical study, *Management Science*, 32(2): 173-181.
- Meza González, L. 2016. Internacionalización y creación de nuevos productos y procesos en la industria manufacturera mexicana, *Estudios Económicos*, 31(2): 235-263.
- Meza Rodríguez, N.I. y G. Millán Quintero. 2015. Los miembros del sistema nacional de investigadores mexicano: un acercamiento desde la producción de patentes 2003-2012, *Interciencia*, 40(12): 840-846.
- Moore, K.A. 2005. Worthless patents, *Berkeley Technology Lay Journal*, 20(4): 1521-1552.

- Navarro Campa, I.J. 2018. Patents and technological development in Mexico: A comparative study between the era of protectionist industrialization and the regime of openness, *América Latina en la Historia Económica*, 25(3): 223-257.
- Oropeza García, A. 2014. *TLCAN 20 AÑOS. ¿Celebración, desencanto o replanteamiento?*, México, UNAM.
- Pakes, A. y M. Schankerman, 1986. Estimates of the value of patent rights in European countries during the post-1950 period, *The Economic Journal*, 96(384): 1052-1076.
- Shapiro, C. 2001. *Navigating the patent thicket: Cross licenses, patent pools, and standard-setting, Innovation Policy and the Economy*, MIT Press.
- Ziedonis, R.H. 2004. Don't Fence Me in: Fragmented markets for technology and the patent acquisition strategies of firms, *Management Science*, 50(6): 804-820.