

¿Hay impacto del capital humano en la innovación tecnológica de México?

Has human capital impact on
technological innovation in México?

Existe impacto do capital humano na
inovação tecnológica do México?

Dr. Maximiliano Gracia Hernández*

Dr. Eduardo Moctezuma Navarro**

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo hacer un análisis sobre los determinantes de la innovación tecnológica a nivel nacional, se emplea una función de acumulación de conocimiento a partir de la teoría del crecimiento endógeno y se amplía parte de un estudio reportado en la literatura. La metodología utilizada hace uso del modelo básico de crecimiento endógeno pero extendido a partir de una propuesta asociada al enfoque de capacidades nacionales. Los resultados indican que el capital humano no tiene el peso teóricamente esperado y no es significativo para reproducir la dinámica de innovaciones tecnológicas.

Palabras clave: capital humano, innovación, tecnología, patentes, conocimiento.

ABSTRACT

This paper aims to make an initial analysis on the determining factors of technological innovation at the national level. A knowledge-based function is used taken from the endogenous growth theory and part of a study reported in the literature is further elaborated upon, but now for a longer period of time and starting with a more representative Mexican scenario. The basic endogenous growth model is used as part of the methodology but is also extended through a proposal related to the approach of national capabilities. The results show that human capital does not have the theoretically expected impact and it is not meaningful enough to reproduce the dynamics of technological innovations.

Keywords: human capital, innovation, technology, patents, knowledge.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar os determinantes da inovação tecnológica a nível nacional, utiliza-se uma função do acúmulo de conhecimento a partir da teoria do crescimento endógeno e amplia-se parte de um estudo que é reportado na literatura. A metodologia utilizada faz uso do

* Mexicano, Doctor en Economía Internacional y Desarrollo, Profesor e investigador de tiempo completo, Colegio del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, Hidalgo, México. Correspondencia con el autor: maximiliano@elcolegiodehidalgo.edu.mx; graciamaximiliano@hotmail.com.

** Mexicano, Doctor en Economía, Profesor, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México. Correspondencia con el autor: edmoctezuma@yahoo.com.

modelo básico de crecimiento endógeno, porém estendido a partir de uma proposta associada ao enfoque de capacidades nacionais. Os resultados indicam que o capital humano não tem o peso esperado teoricamente e não é significativo para reproduzir a dinâmica de inovações tecnológicas.

Palavras-chave: capital humano, inovação, tecnologia, patentes, conhecimento.

I. Introducción

Para autores como Rodríguez y Guadarrama (2011), la innovación hace referencia “a la transformación de una idea en un producto o servicio comercializable, a un procedimiento de fabricación o distribución operativa nueva o mejorada, o a un nuevo método de proporcionar un bien o servicio”. Para la OCDE (1997), innovación tecnológica tiene que ver con “la aplicación/comercialización de un producto con características de desempeño mejoradas para el consumidor. Un proceso de innovación tecnológica es la aplicación/adopción de algo significativamente nuevo. Puede implicar cambios en los equipos, recursos humanos, métodos o una combinación de éstos”. Para otros autores como Alonso & Méndez (2000), la innovación es entendida como “la aplicación productiva de una invención. Implica por tanto, algún tipo de cambio entendido habitualmente como mejora que se introduce en el funcionamiento del sistema productivo y permite un aumento de la eficiencia, la calidad, la rapidez, etc.; en definitiva, la innovación implica un mayor desarrollo cuantitativo y cualitativo de las fuerzas productivas, así como un reforzamiento de la relación producción-conocimiento”.

Como tal, la innovación tecnológica es una de las más importantes fuerzas impulsoras del desarrollo económico. Incluso, como señalan algunos autores: en la actualidad existe un consenso generalizado respecto de que la innovación tecnológica está en el centro de las explicaciones del crecimiento económico (Alonso & Méndez, 2000; Vence, 2007; Sala-i-Martin, 2000; Solow, 1997); e “independientemente de si la generación y difusión tecnológica se considera como un factor acumulable en una función de producción (teorías del crecimiento) o como factor estructural de largo plazo (teorías evolucionistas), es sin duda un aspecto fundamental para comprender los procesos de desarrollo económico de los países y de los territorios que los componen” (Solow, 1997).

Este trabajo tiene por objetivo hacer un análisis inicial sobre los determinantes de la innovación tecnológica a nivel nacional, se emplea una función de acumulación de conocimiento a partir de la teoría del crecimiento endógeno y se amplía parte de un estudio reportado en la literatura, pero esta vez para un período más largo y en principio más representativo del escenario mexicano agregado. La metodología utilizada hace uso

del modelo básico de crecimiento endógeno pero extendido a partir de una propuesta asociada al enfoque de capacidades nacionales

Analizar el comportamiento y estudiar los determinantes de la innovación es una tarea esencial si se pretende mejorar las condiciones generales de vida. Este argumento cobra mayor relevancia para un país en desarrollo como México, por lo cual en este trabajo tratamos de precisar algunos de sus determinantes en los años más recientes (con una serie relativamente amplia), como una primera aproximación al tema. Se muestran los resultados de la primera parte de un estudio dirigido para tal fin; resultados que muestran en términos de variables agregadas qué tipo de factores pueden explicar la generación de ideas en México; insistimos: por ejemplo, en una primera aproximación entre regiones se puede seguir a Ríos & Marroquín (2013), Buesa, Baumert, Heijs & Martínez (2002); o bien entre naciones se puede seguir a Furman, Porter & Stern (2002). Como tal, el antecedente inmediato de este trabajo lo constituye la investigación reportada en Ríos & Marroquín (2013), con el cual se comparte metodología (el marco teórico del crecimiento endógeno) y parte de los objetivos; la diferencia de nuestro trabajo radica en el uso de un periodo de tiempo más amplio: de 1990-2011 en este trabajo, versus 1994-2006 en lo señalado por Ríos & Marroquín (2013), así como en la introducción de una modificación a la forma funcional del modelo econométrico.

II. Antecedentes

La base teórica de la innovación surgió en el año 1979 con Zvi Griliches (1979). Este autor, a partir de una función básica para la generación de ideas, argumentó que el flujo de éstas dependerá del derrame innovador medido por los recursos destinados a la I+D (investigación y desarrollo). Más tarde, Paul Romer (1990) aseguró que la generación de ideas nuevas no sólo está en función de la inversión en I+D, sino además se requiere de un stock de conocimientos acumulados. Porter y Stern (2001) reafirman lo dicho por Romer, al argumentar que efectivamente la generación de ideas resulta de combinar el esfuerzo innovador medido a través del stock de conocimientos acumulados en el entorno nacional e internacional, pero además agregan la necesidad de considerar la cantidad y calidad de los recursos humanos dedicados a la innovación. Para Yoguel y Boscherini (1996), el proceso de innovación es “resultado de la interacción dinámica de las competencias desarrolladas a lo largo del tiempo, el aprendizaje que se va generando y la cultura organizacional en el marco de un cierto ambiente”. Estos mismos autores destacan el hecho de que en el proceso de innovación confluyen conocimientos y capacidades, es un proceso dinámico, continuo y acumulativo; las competencias tienen recursos dinámicos, incrementales, orientables y moldeables, y su aprovechamiento depende de la cultura organizacional y la visión estratégica de la empresa.

Al día de hoy, la investigación sobre los factores que determinan el nivel de innovación de un país pueden dividirse en al menos seis líneas de estudio (Gómez, 2008): (a) la teoría del crecimiento endógeno, (b) la teoría evolucionista, (c) el modelo de ventajas competitivas nacionales e industriales, (d) la perspectiva de los sistemas nacionales de innovación, (e) el enfoque de capacidades nacionales, así como: (f) la teoría de la diseminación del conocimiento. Cada una de estas posiciones interpretativas analiza aspectos como: la situación macro y microeconómica, el capital humano disponible, la actividad comercial, la calidad de las instituciones, el entorno empresarial, entre otras; aspectos cuyo impacto es decisivo en la dinámica de innovación (Guzmán & Gómez, 2011).

Para fines del presente trabajo partimos del marco teórico del modelo de crecimiento endógeno de Romer (1990), quien plantea la siguiente función de producción nacional de ideas:

$$\dot{A}_t = \delta H_A^\lambda A_t^\phi \quad (1)$$

donde los nuevos diseños o el flujo de innovación (el punto sobre la letra indica derivada temporal) está en función de: H_A , que representa el capital humano en actividades de investigación y desarrollo (I+D); A , que es el stock de conocimientos; todas las variables medidas en el tiempo t , y con δ como un parámetro de productividad (siguiendo la convención, el flujo de innovación se mide por el número de patentes concedidas en cada unidad de tiempo, mientras que stock de conocimientos es la cantidad acumulada de patentes al tiempo t). Bajo esta línea de investigación, el interés está centrado en la relación entre innovación tecnológica y crecimiento económico, para lo cual se plantean tanto una función de generación de ideas como una función de producción y se analizan sus impactos mediante estimaciones econométricas.

III. Desarrollo

A continuación, describimos la metodología empleada en el desarrollo de este trabajo y sus resultados.

A. Materiales y métodos

El comportamiento de la innovación tecnológica en México durante el período 1990-2011, lo abordamos mediante la dinámica de patentes concedidas. Con este objetivo, se emplea una extensión del modelo propuesto por Romer (1990) para explicar los flujos de innovación. En concreto y siguiendo a Ríos & Marroquín (2013), el planteamiento econométrico partirá de la siguiente función de potencia, entendida como la función de generación de conocimientos:

$$P_t = \alpha_0 X_{1t}^{\beta_1} X_{2t}^{\beta_2} X_{3t}^{\beta_3} X_{4t}^{\beta_4} e^{u_t} \quad (2a)$$

donde P_t se refiere al número de patentes concedidas en el tiempo t , y las variables explicativas (X_{it}) son: el producto interno bruto (PIB), el número de miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI¹), los años de escolaridad promedio, y el stock de conocimientos. Sin embargo, la forma funcional anterior adolece del problema siguiente: aunque el PIB es introducido para mejorar la significatividad del modelo (de acuerdo con Ríos & Marroquín (2013), esa fue la razón y también la hemos podido constatar, como se señala en el anexo, su introducción plantea que el PIB opera como un determinante de la innovación, cuando la innovación a su vez será posteriormente considerada como un determinante del PIB (más propiamente del PIB per cápita), por lo que entramos en un razonamiento circular: ¿quién causa a quién? Al respecto, en Ríos & Marroquín (2013), se muestra que la relación causal entre PIB y la generación de patentes, opera en dirección de las patentes como causal de la riqueza, y no al revés, como se sugiere en (2a). Para corregir este problema, optamos por descartar al PIB como variable explicativa de la innovación, desviándonos así de la formulación original en Ríos & Marroquín (2013), al menos parcialmente. Por lo anterior, la función de generación de conocimientos queda como sigue:

$$P_t = \alpha_0 X_{2t}^{\beta_2} X_{3t}^{\beta_3} X_{4t}^{\beta_4} e^{u_t} \quad (2b)$$

Como tal, (2b) introduce la variable escolaridad promedio a la manera de Mankiw, Romer y Weil (1992), pero combinada con el planteamiento original de Romer²; de esta forma, hemos aceptado el uso combinado de estos enfoques, el de la concepción del capital humano propia de la teoría neoclásica del crecimiento y el del capital humano tal como se concibe en la teoría del crecimiento endógeno; atendiendo de acuerdo con Vázquez (2011) que “la elección de este marco de referencia no implica que no se recurra a elementos conceptuales, que pueden ser considerados como complementarios y que están asociados con las otras líneas teóricas”. Una aceptación de este hecho está explícita en Guzmán y Gómez (2011), e implícita en Ríos & Marroquín (2013), por citar un par de ejemplos, aunque con corrientes teóricas distintas, más bien relacionadas con el enfoque de capacidades nacionales de innovación presentadas

¹ Grupo de investigadores que gracias a sus aportaciones científicas ingresan al Sistema Nacional de Investigadores del CONACyT, lo cual les da reconocimiento académico y un estímulo económico (según el nivel al cual pertenezcan)

² Estrictamente hablando, Mankiw y colaboradores cuantifican esta variable de capital humano de forma distinta, aunque conceptualmente similar a Mankiw, Romer & Weil (1992).

por Furman, Porter & Stern (2002). Cabe destacar también que, aunque como en un primer ensayo se pudo optar simplemente por (1) en nuestro análisis, al final hemos elegido la forma funcional (2b) teniendo la intención de contar con una función más general que la de Romer y siguiendo en esta búsqueda de mayor generalidad, al trabajo de Gómez (2008).

Sobre las fuentes de los datos y su recopilación, haremos mención de lo que sigue: las cifras de patentes se obtuvieron del INEGI, quien a su vez los reunió del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI); los años de escolaridad promedio se recopilaron de la SEP; mientras que los datos del número de miembros del SNI, a partir del Foro Consultivo (2013), los cuales, a su vez, fueron obtenidos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT.

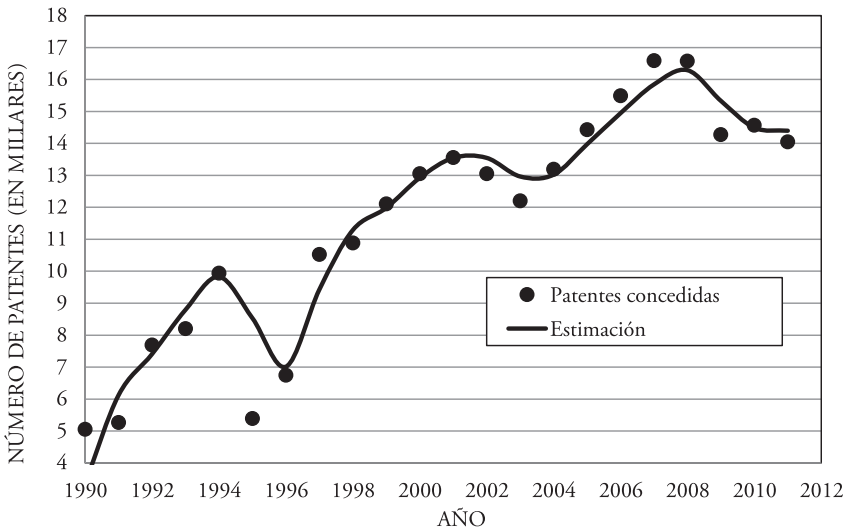
Sobre la elección del análisis de patentamiento a nivel nacional o regional, en esta etapa de la investigación hemos elegido la primera opción debido a que los datos regionales para México suelen ser escasos o parciales: por ejemplo, las cifras disponibles de patentes a nivel estatal se encuentran como patentes solicitadas pero no como patentes concedidas (ambos datos sí están disponibles en escala nacional).

B. Resultados y discusión

En el marco del modelo estimado se encuentra (con sorpresa) que las variables explicativas asociadas con el capital humano son estadísticamente no significativas. Por otro lado, el coeficiente estimado para el stock de conocimientos (β_4) es el esperado de acuerdo con la teoría del crecimiento endógeno (significativo y con impacto positivo en la generación de innovaciones). Finalmente, el ajuste del modelo propuesto es tal que se alcanza un coeficiente de determinación ajustado del 96,64% (fig. 1); favorable si se compara con la bondad de ajuste del 81% para la serie analizada en Ríos & Marroquín (2013); aunque, en los autores anteriormente señalados, las cuatro variables originalmente planteadas sí fueron significativas (pero no el intercepto), aunque con el costo de introducir una variable, el PIB, sin relación estadística como causal de las patentes. En particular, destaca el hecho de que ninguna de las dos medidas seleccionadas para representar el impacto del capital humano, sean estadísticamente significativas en este trabajo.

De acuerdo con la interpretación original de Romer (1990), el capital humano es un factor clave para impulsar la generación de nuevas ideas y, sin embargo, los datos para el caso de México, en el período de análisis, indican que esto no es así.

Fig. 1. Contraste del modelo estimado con los datos reportados.



Por una parte, este resultado relativamente inesperado podría dar sustento a aquella interpretación de que los miembros del SNI quizá estén más enfocados en la generación de ideas que, sin dejar de ser avances, producen artículos en publicaciones científicas que no necesariamente conducen a innovaciones tecnológicas o a desarrollar patentes; o bien, cuando sí lo hacen, lo hacen en una fracción pequeña con respecto al total de las investigaciones publicadas. Por supuesto, esta posible explicación, ya mencionada en otros reportes, es discutible y deja lugar a un trabajo adicional más profundo, pero podría ser la causa de que el capital humano asociado al SNI no es estadísticamente significativo para explicar la dinámica de patentes en México (durante 1990-2011), conforme a los resultados aquí encontrados (lo que no deja de sorprender es que esto sea así a pesar de que el número de investigadores adscritos al SNI muestra una tendencia claramente creciente (fig. 2)).

Por otro lado, vemos que está ocurriendo lo mismo con la variable de escolaridad. En esencia, para poder generar una idea patentable, no es estrictamente necesario ser un miembro del SNI³, basta con tener un mínimo de educación básica (y quizá un poco más), tener interés y ser creativo. Ciertamente, la creatividad no es fácil de obtener, pero en la medida que la escolaridad promedio ha ido aumentando en México (fig. 3), en principio ese mayor nivel educativo debería dar lugar a que haya más personas con posibilidad de patentar. Por ejemplo, Benjamín Franklin y Thomas Alva Edison solo

³ Por ende, tampoco lo sería contar con un doctorado ni estar completamente integrado a la vida académica o estar ocupado profesionalmente en la investigación.

cursaron parte de los primeros años de la educación básica, pero aun así fueron prolíficos inventores. En esencia, lo que mueve a las personas con este perfil, es simplemente buscar “nuevas y mejores maneras de hacer las cosas” (EEUM, 2013). Sin embargo, lo que dicen los datos a partir del modelo econométrico es que la escolaridad promedio en México no alcanza para considerarla como significativa en la generación de ideas. Esto quizá pueda entenderse si se atiende que, actualmente, hacer una invención sólo con conocimientos básicos o que no lleguen al nivel de un posgraduado, es más difícil que en los años de Franklin y Edison.

Fig. 2. Números de miembros del SNI.

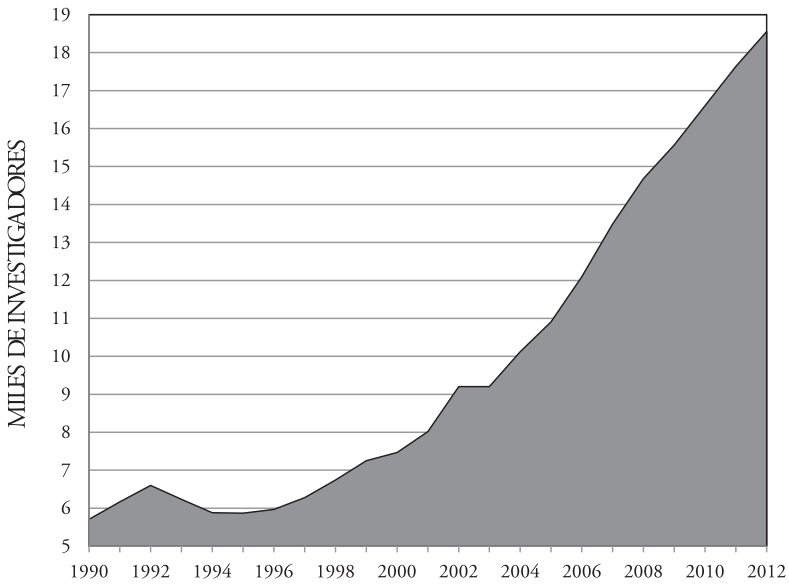


Fig.3. Escolaridad promedio de la población de 15 años y más.

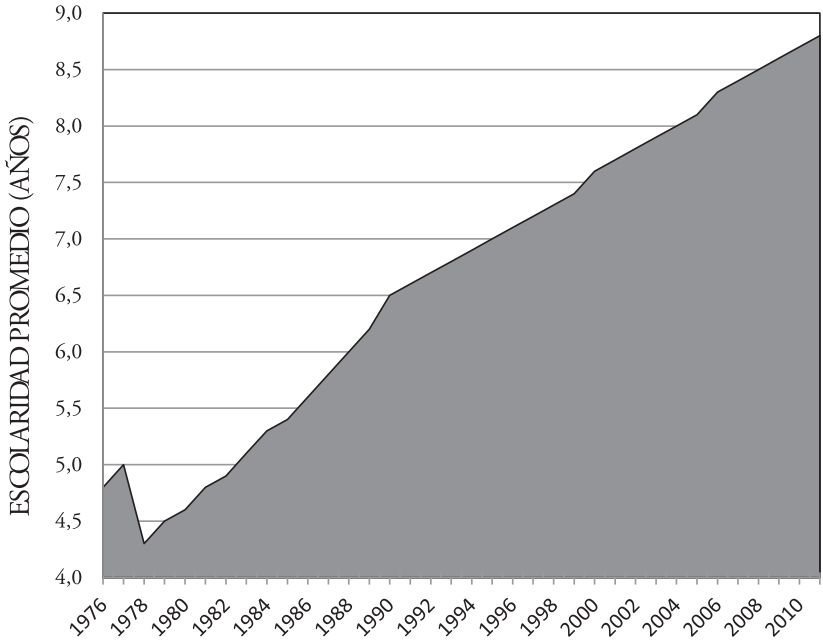
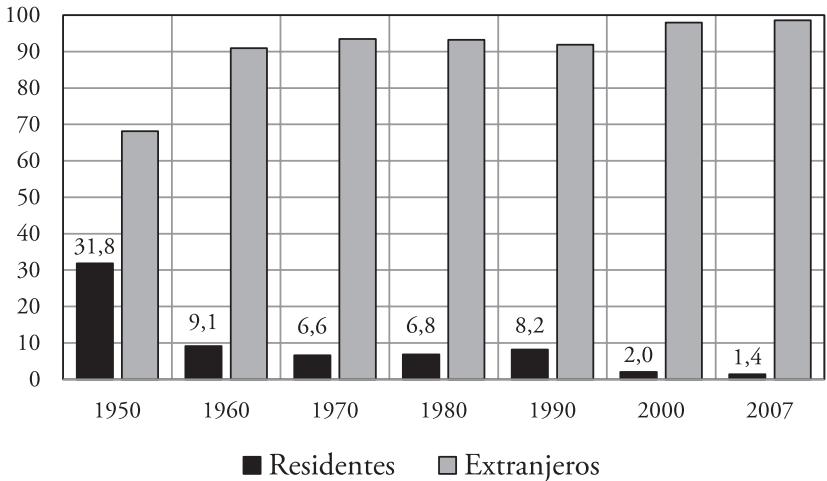


Fig.4. Patentes concedidas en México, por lugar de residencia del inventor (en porcentaje).



Una explicación de esta falta de significancia tiene que ver con la nacionalidad, o más bien con la residencia de quienes patentan. Con información de Aboites & Soria (2008), en la fig. 4 se muestra la dinámica de patentes en México a partir del lugar de residencia de los inventores. Como puede verse, la gran mayoría de las patentes en

México son registradas por personas que residen en el extranjero, generalmente asociados con empresas también extranjeras; así, estas no son patentes que se hayan desarrollado en nuestro país como resultado de las condiciones de innovación prevalecientes, sino que simplemente se han registrado aquí pero fueron desarrolladas en otras naciones. En este escenario no habría vínculo entre el SNI y/o la escolaridad promedio, con el desarrollo de tales patentes, que son una abrumadora mayoría como se observa en la fig. 4. Siendo esta la situación, el posible impacto tanto de los investigadores miembros del SNI como de las personas que sin ser investigadores tienen una escolaridad promedio que les permitiría innovar, sólo cubren una fracción muy pequeña de las patentes registradas y realmente desarrolladas en México, lo cual podría explicar por qué ninguna de las variables de capital humano sean estadísticamente significativas para reproducir la dinámica de patentes en el país⁴ de cooperación internacional, pues se está suponiendo que no cubren un porcentaje importante.

C. Explicaciones adicionales de los resultados

Respecto a explicaciones más profundas de la dinámica innovadora, debe tenerse presente que ésta resulta de la interacción de tres agentes: empresas, sistema público de investigación y sociedad civil. Al respecto, la situación en México es la siguiente. Para empezar, conviene repasar los programas y las políticas públicas que han dado forma al entorno de innovación: Esencialmente, es a partir de la creación del CONACyT a principios de los años setenta, cuando en México se empiezan a planear actividades para promover la ciencia y tecnología (las instituciones que antecedieron al CONACyT no elaboraron planes de esta naturaleza (Casalet, 2007). Sin embargo, no es hasta los años de la década de 1980 que el contexto innovador comenzó a cambiar, principalmente a partir de: (a) la creación del SNI, con lo cual los investigadores empezaron a recibir un complemento salarial que permitía dedicarse de lleno a la academia, pues se les premiaba su producción científica; y (b) con la implantación de un programa de becas para que los estudiantes de posgrado verdaderamente pudieran dedicarse a tiempo completo (previamente, las becas eran muy bajas y los becarios tenían que contar con otros empleos, lo que afectaba sus estudios y con frecuencia los truncaba, o al menos, retrasaba significativamente su término); estas dos medidas pueden considerarse incipientes en el fortalecimiento de las posibilidades de desarrollar innovación, pues previo a esto, los resultados obtenidos fueron más bien producto de esfuerzos aislados de instituciones y/o individuos.

⁴ Nótese que en este argumento no estamos considerando las patentes desarrolladas bajo convenios del total.

En los años noventa la situación siguió tratando de mejorar; en esa década empezó a promoverse la difusión de la tecnología en el sistema productivo mediante el apoyo a proyectos de base tecnológica, cofinanciados por entidades públicas y empresas privadas. Además, se modificaron las reglas de operación académicas al introducir como requisito obligado para los nuevos profesores-investigadores el contar con posgrados e inducir a los previamente contratados a que estudiaran alguno. También se universalizó la evaluación del desempeño tanto en lo individual como a nivel de instituciones (ya fuera de educación superior o centros de investigación), con lo cual se fue consolidando una cultura de evaluación y generación de resultados. Significativamente, se inició un proceso de descentralización de la investigación: se crearon nueve Sistemas de Investigación Regionales y Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología, con la intención de atender las necesidades regionales y locales que quedaban descuidadas en los proyectos e iniciativas de escala nacional.

Más adelante, en la década del 2000, se concretaron, con un sentido netamente aplicado e interdisciplinario, los llamados fondos sectoriales y mixtos, dirigidos a la resolución de problemas concretos y no tanto a atender intereses profesionales de los investigadores. Adicionalmente, se trató de crear una Red Nacional de Grupos y Centros de Investigación en donde los intereses comunes de investigación sirvieran para abordar áreas de oportunidad con impacto social y económico; a su vez, al interior de esta iniciativa, se intentó la conformación de Consorcios de Innovación para la Competitividad, en donde se pretendía que las instituciones públicas junto con la industria o empresas, pudieran realizar proyectos conjuntos en un tiempo determinado, con financiamiento mixto y con un compromiso de obtención de resultados para abordar problemáticas de orientación industrial, del sector público o de corte social.

En el período presidencial en vigor (2012-2018), probablemente la medida de mayor impacto sea la instauración del programa de Cátedras para Jóvenes Investigadores, a partir de la cual se espera cumplir ahora sí con la meta del 1% de gasto en actividades de investigación y desarrollo. En síntesis, este programa trata de evitar la fuga de cerebros (interna y externa) mediante la contratación vía el CONACyT de egresados de doctorado hasta con 40 años cumplidos (si son hombres) o 43 años (si son mujeres) para trabajar adscritos a universidades o centros de investigación, durante diez años y con una asignación docente mínima. Si bien esta medida no es suficiente por su carácter de contratación temporal, es una estrategia mejor que no hacer nada con los egresados que no logran colocarse en las muy pocas plazas que se abren con carácter de definitivas.

Con respecto a la situación de las empresas y sus posibilidades de participar en actividades de innovación, en adición a lo que oficialmente se ha instrumentado y se describió en líneas anteriores, en la práctica se tiene el siguiente escenario: 82% de los recursos

para estimular la innovación se distribuye en empresas grandes (de hecho, quince de estas empresas grandes concentran el 50% de los estímulos); dos terceras partes de las empresas participantes en realidad no desarrollan actividades productivas que requieran de alta tecnología; supuestamente los estímulos fiscales se focalizan en recursos humanos, pero las cifras no concuerdan con la información oficial de investigadores en la industria y abundan las inconsistencias en nómina de investigación y desarrollo; en el uso de los recursos se consideran actividades ingenieriles que no califican como promotoras de innovación; además, toda la información sobre el ejercicio de los recursos la proporcionan las empresas y no se comprueba (Coordinación de Innovación y Desarrollo - UNAM; s. f.). En lo que se refiere a la opinión de los empresarios, la postura es la siguiente: hay quejas respecto a sobrerregulación, el complicado acceso a financiamiento, los deficientes sistemas de información gubernamental y las escasas estrategias de vinculación, es lo que da lugar a que el 71% de los proyectos de innovación empresariales se lleven a cabo con recursos propios y el 13% de los mismos se efectúen mediante créditos; además, el 82% de los productos y el 75% de los procesos innovadores los realizan las empresas en solitario y apenas el 3% se desarrollan en colaboración con las universidades (Coordinación de Innovación y Desarrollo - UNAM; s. f.). Un problema adicional es que “el sistema de incentivos fiscales no sólo no ha podido cambiar este estado de cosas, sino que es probable que ha beneficiado más a las grandes empresas transnacionales que operan en México” (Nadal, 2007).

Finalmente, respecto a la sociedad civil como agente de innovación, quizá baste decir dos cosas: (1) por un lado, la situación de profunda pobreza en que vive casi la mitad de la población hace muy difícil que se pueda pensar en algo que no sea sobrevivir; en este contexto, pensar en dedicarse a la ciencia, en hacer innovaciones o cualquier aspecto relacionado, se vuelve secundario; 2) pese a algunos casos aislados, la idiosincrasia de la sociedad mexicana (aquella que no está en condiciones de pobreza y parece vivir relativamente bien), no parece ser propicia para la ciencia ni para la tecnología: entre ellas no se percibe que éste sea un camino que lleve con seguridad al éxito ni se aprecia como una meta importante, tampoco se valora su potencial beneficio para el país; más aún, los esfuerzos de divulgación científica han sido insuficientes para generar un mayor interés, de tal manera que en ocasiones, a partir de la conjunción de lo anterior, se puede detectar desdén para quienes hacen una carrera profesional en ciencia y tecnología, o en el mejor de los casos, se percibe indiferencia. En este caso, la frase de “uno es lo que sabe” (Zewail, 2006) tiene poca consideración por parte de la sociedad referida.

Considerando el conjunto de las perspectivas sobre cada agente involucrado, quizá lo más inquietante es el dramático resultado: Pese a los esfuerzos realizados no se ha logrado detonar la actividad innovadora en México (aproximada por el patentamien-

to), como se observa en la Figura 4. En un esfuerzo de selección por jerarquización o por ponderación de importancia, puede decirse que en buena medida, el problema de la innovación mexicana se debe a tres grandes problemas básicos: (1) el insuficiente y en ocasiones decreciente gasto en actividades de investigación y desarrollo durante el período; (2) el hecho de que para las empresas, especialmente las Pymes, intentar acciones de I+D implica peligros para su existencia, pues, en la práctica, éstas no se sienten apoyadas o incentivadas adecuadamente; (3) buena parte de la sociedad mexicana enfrenta problemas de subsistencia que le dificultan el acceso a las actividades profesionales relacionadas con la ciencia y la innovación; por otro lado, y en general, el resto de la sociedad, que sí podría participar más decididamente, no está motivada para hacerlo, en parte por aparente idiosincrasia nacional, en parte por un esfuerzo de divulgación poco exitoso.

D. Recomendaciones

Siguiendo a Terrones (2007), la problemática que México enfrenta para alcanzar una mayor dinámica innovadora, puede centrarse en los puntos más importantes dados a continuación: (1) Falta de una política gubernamental que dure más allá del período presidencial; (2) falta de continuidad en los apoyos a la investigación científica; (3) incumplimiento de la ley que fija una inversión del 1% del PIB en actividades de ciencia y tecnología.

Intentando ser más específicos, una serie de recomendaciones que podrían ayudar a resolver la problemática de innovación en México, haciendo una selección y modificación de propuestas previas (Terrones, 2007) y Viniegra (2007), se puede conformar como se hace a continuación, dividiendo las estrategias en corto, mediano y largo plazo.

En el corto plazo: (1) Definir una política científica de Estado con áreas estratégicas bien definidas, para realizarse en los próximos 20 años; (2) otorgar estímulos fiscales a las empresas privadas pero que realmente incluyan procesos de base tecnológica en el desarrollo de sus productos y/o servicios; (3) crear varios centros de investigación científica a nivel de excelencia con el compromiso de entregar resultados y siendo regulados bajo indicadores estrictos; (4) apoyar posgrados y licenciaturas existentes y que estén relacionados con las áreas estratégicas a impulsar; (5) realizar una amplia actividad de divulgación científica en la población en general; (6) aumentar la plantilla de investigadores (con plazas definitivas aunque al principio puedan ser temporales, cuya continuidad esté sujeta a evaluación de resultados) mediante una política más agresiva de creación de nuevas plazas (incluso Viniegra (2007) sugiere que tal incremento debe ser del 12% anual para que en 2026 se tengan 60.000 académicos miembros del SNI, cuando en 2012 existen 18.555, de acuerdo con FCCyT (2013).

En el mediano plazo: (7) Incentivar a la comunidad científica y empresarial para que establezcan empresas, especialmente a los científicos, tratando de promover un comportamiento que en cierta forma puede denominarse “emprededurismo científico”; (8) Buscar vínculos productivos y participación en proyectos de investigación con empresas internacionales bien establecidas en las áreas estratégicas consideradas en la política científica gubernamental; (9) crear nuevas licenciaturas y posgrados enfocados en las áreas estratégicas definidas; (10) desarrollar esquemas de detección y maduración de talentos científicos desde la infancia; (11) con los resultados del corto plazo y la acumulación de experiencias, empezar a resolver problemáticas nacionales (y de ser posible, internacionales) en las áreas estratégicas establecidas; (12) mejorar radicalmente la calidad de la enseñanza en todos los niveles educativos; (13) poner en marcha un “programa nacional de capacitación tecnológica masiva” en micro, pequeñas y medianas empresas (especialmente las que requieren de una base tecnológica) mediante la participación de pasantes de licenciatura que realicen su servicio social dando asistencia técnica.

En el largo plazo: (14) mantener la continuidad de la política científica (evitar su truncamiento debido a los periódicos cambios presidenciales y/o de autoridades de alto rango). (15) apoyar a otros países con rezago en la resolución de sus problemas, pues se pueden mejorar los avances propios al intentar adecuar las soluciones al perfil estructural de otros lugares.

Claramente, al tratar de resolver la problemática existente, no deben olvidarse las ventajas concretas de México para desarrollar su potencial innovador y ligarlo al desempeño de su economía: (a) materias primas y recursos naturales considerables, (b) clima favorable para el ahorro de energía, (c) numerosas zonas con mega diversidad, (d) posición geográfica estratégica (Viniestra, 2007).

IV. Conclusión

En el marco econométrico relativamente restringido que utilizamos en este trabajo, el stock de conocimientos resulta ser la única variable de impacto para generar innovaciones tecnológicas en México durante 1990-2011, cuando las patentes se utilizan como aproximación de las innovaciones; en contraste, ni el número de científicos adscritos al SNI, ni los años de escolaridad promedio, parecen tener efecto en la dinámica innovadora (con un nivel de significancia estadística del 95%). Lo anterior podría sugerir (o bien, confirmar) que en México: (a) las condiciones que propician la generación de innovaciones dependen prácticamente del esfuerzo de inventores residentes en el extranjero; (b) las condiciones actuales del capital humano nacional, son insuficientes para crear nuevas ideas, ideas que realmente hayan sido concebidas en México. Por lo anterior, en el caso mexicano no hay respaldo estadístico para

la interpretación de Romer sobre el papel del capital humano en la generación de innovaciones (enfazando: cuando el comportamiento innovador se aproxima con la dinámica de patentamiento).

Anexo econométrico

Se estimó el modelo (2b) por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) utilizando el software Eviews versión 7.2, previa linealización de la función potencia mediante logaritmos naturales. Posterior a la estimación se realizó la verificación de los supuestos del modelo de regresión lineal múltiple [22-23]. De entrada, se presentó un problema en el cumplimiento de la hipótesis de normalidad residual que se corrigió retirando de la base de datos las cifras de 1990, 1991 y 1995, siguiendo una de las soluciones sugeridas en [22]. Habiéndose cumplido los supuestos, se detectó que las variables explicativas relacionadas con el capital humano, tanto la pertenencia al SNI (X2) como la escolaridad promedio (X3), no son estadísticamente significativas a un nivel de confianza del 95%. Retirando estas variables del primer modelo ensayado, se repitió el proceso de estimación y también la revisión del cumplimiento de los supuestos, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla I (para la estimación), y en las tablas II-IV (para la revisión de supuestos), en donde LN se refiere al logaritmo natural de la variable en cuestión.

Tabla I. Resultados de regresión del modelo final.

Variable	Coficiente	Error estándar	Estadístico-t	Valor-p
Intercepto	0,968249	0,370007	2,616843	0,0180
LN(X4)	0,838664	0,036770	22,80832	0,0000
R ²	0,968356	Estadístico-F		520,2196
R ² ajustada	0,966494	Valor-p de Estadístico-F		0,000000
C. Akaike	-3,189784	Estadístico de Durbin-Watson		
C. Schwarz	-3,090369	2,409236		

Tabla II. Evaluación de normalidad residual.

Método	Estadístico de prueba	Valor-p
Lilliefors	0,143465	> 0,1
Cramer von Mises	0,067063	0,2898
Watson	0,066885	0,2561
Anderson-Darling	0,415792	0,3001
Jarque-Bera	0,352166	0,8385

Tabla III. Evaluación de heteroscedasticidad.

Método	Estadístico de prueba	Valor-p
Prueba de White con términos cruzados	1,566606	0,4569
Prueba de White sin términos cruzados	1,310684	0,2523
Prueba de Breusch-Pagan-Godfrey	1,294662	0,2552

Tabla IV. Evaluación de autocorrelación serial.

Prueba de Breusch-Godfrey	Estadístico de prueba	Valor-p
Orden uno	1,045268	0,3066
Orden dos	1,151589	0,5623
Orden tres	4,365864	0,2246
Orden cuatro	5,167979	0,2705
Orden cinco	6,321063	0,2762
Orden diez	13,91389	0,1770

Para revisar el cumplimiento de la normalidad residual, evaluamos si la curva de distribución de los residuos (es decir, la distribución empírica), se ajusta a una distribución normal, para tal fin empleamos las pruebas de Lilliefors, Cramer von Mises, Watson y Anderson-Darling, que se diferencian una de otra por la manera en que se introduce el impacto del tamaño muestral, y por ende contrastan en la forma de calcular el estadístico de prueba. Las hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_a) para estas tres pruebas, son las siguientes:

H_0 : La distribución de los errores corresponde a la de una curva normal.

H_a : Los errores no poseen una distribución normal (gaussiana).

A partir de los resultados de la tabla II, como $p > 0,05$, entonces no se rechaza la H_0 , luego, la distribución de los errores de la regresión es normal (a un nivel de significancia del 5%). Una prueba adicional de la normalidad puede hacerse a través del test de Jarque-Bera, el cual confirma la conclusión anterior.

Para confirmar si la varianza de los residuos es constante (supuesto de homoscedasticidad), se aplicó la prueba de White con y sin términos cruzados, además de la prueba de Breusch-Pagan-Godfrey; obteniéndose los resultados mostrados en la tabla III y notando que los tres tests verifican la hipótesis nula de ausencia de heteroscedasticidad, al 5% de significancia.

Para descartar autocorrelación serial de orden uno, empleamos la prueba de Breusch-Godfrey pues es más general que la de Durbin-Watson y permite detectar si los errores

tienen correlación serial de enésimo orden. Como se observa en la tabla IV, $p > 0,05$ para cada caso, por tanto, no se rechaza la hipótesis nula y puede afirmarse que no hay correlación serial de orden uno hasta el diez (en la tabla no se muestran los resultados de orden 6 a 9).

En cuanto a la prueba de multicolinealidad, ésta no fue necesario realizarla en la versión final del modelo, puesto que solamente hay una variable explicativa.

En cuanto a la significancia global del modelo, hacemos uso de la prueba F; así, como $F_{calc} = 520,2196$ y $p = 0,0000$ (de la tabla I) de manera que: $p < 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula de que todos los coeficientes beta son simultáneamente cero (al 95% de confianza), lo cual implica que el modelo propuesto sí tiene significancia estadística a nivel global.

Finalmente, cabe destacar lo siguiente: en consideración al hecho de que las economías con ingresos per cápita más elevados son las que realizan mayores esfuerzos innovadores, inicialmente se ensayó una versión que incluía al PIB per cápita como variable explicativa (Gracia y Moctezuma, 2013), encontrándose que la variable de membresía al Sistema Nacional de Investigadores no era estadísticamente significativa al 95% de confianza, pero la otra variable asociada con el capital humano, los años de escolaridad promedio, sí fue significativa (también resultaron significativas la riqueza, aproximada por el PIB, y el stock de conocimientos). Sin embargo, tal estrategia de modelación, de naturaleza exploratoria, se descartó por un argumento de causalidad: en el marco teórico de Romer (1990) que sustenta el modelo ensayado en esta investigación, la innovación funge como variable causal de la riqueza, no al revés; por esta razón, en la modelación presentada en este documento, no se incluyó ninguna variable relacionada con el PIB como explicativa de la innovación.

Bibliografía

- Aboites, J. & Soria, M. (2008). *Economía del conocimiento y propiedad intelectual*, 1ra. Edición, México, Siglo XXI Editores.
- Alonso, J. y Méndez, R. (2000). *Innovación, pequeña empresa y desarrollo local en España*, 1ra. Edición, Madrid, Civitas Ediciones.
- Buesa, M.; Baumert, T.; Heijs, J. & Martínez, M. (2002). “Los factores determinantes de la innovación: un análisis econométrico sobre las regiones españolas”. *Economía Industrial*, núm. 347, pp. 67-84.
- Casalet, R. (2007). “Incentivos a la innovación tecnológica”. En Calva, J. (coordinador), *Educación, Ciencia, Tecnología y Competitividad*. 1ra. Edición. México, Editorial Miguel Ángel Porrúa.

- Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) (2013). “Sistema Nacional de Investigadores”. Disponible en: www.foroconsultivo.org.mx/documentos/acertadistico/conacyt/sistema_nacional_de_investigadores.pdf [Accesado el 1 de julio de 2015].
- Coordinación de Innovación y Desarrollo - UNAM (s.f.). “La era del conocimiento”. Disponible en: www.innovacion.unam.mx [Accesado el 29 de mayo de 2015].
- Embajada de los Estados Unidos en México (EEUM 2013). “Biografía de Benjamín Franklin”. México. Disponible en: <http://www.usembassy-mexico.gov/bbf/BFranklin.htm> [Accesado el 3 de agosto de 2015].
- Furman, J. L.; Porter, M. & Stern, S. (2002). “The determinants of national innovative capacity”. *Research Policy*, Vol. 31, núm. 6, pp. 899-933.
- Gómez V., H. (2008). *Formación de capacidades tecnológicas en la industria farmacéutica de México y del mundo*, 1ra. Edición, México, Instituto Politécnico Nacional.
- Gracia, M. & Moctezuma, E. (2013). “Sobre los determinantes de la innovación tecnológica en México: 1990-2011”. *Memorias del Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías 2013*, 11, 12 y 13 de noviembre de 2013.
- Griliches, Z. (1979). “Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth”. *The Bell Journal of Economics*, Vol. 10, núm. 1, pp. 92-116.
- Guzmán, C. & Gómez, V. (2011). “¿El fortalecimiento del sistema de patentes favorece la innovación en países emergentes? En Méndez, B. et al. (coordinadores), *La innovación en México: instituciones y políticas públicas*. México. Porrúa-CIECAS. 248 pp.
- Mankiw, G. N.; Romer, D. & Weil, D. N. (1992). “A contribution to the empirics of economic growth”. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, núm. 2, pp. 407-437.
- Nadal, E. A. (2007). “Ciencia y tecnología en el desarrollo sustentable de México”. En Calva, J. (coordinador), *Educación, Ciencia, Tecnología y Competitividad*, México, Miguel Ángel Porrúa.
- OCDE (1997). “The measurement of scientific and technological activities. Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data”. Oslo Manual, Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- Porter, M. & Stern, S. (2001). “Innovation: location matters”. *MIT Sloan Management Review*, Vol. 42, núm. 4, pp. 28-36.

- Ríos B., H. & Marroquín A., J. (2013). “Innovación tecnológica como mecanismo para impulsar el crecimiento económico: evidencia regional para México”. *Contaduría y Administración*, Vol. 58, núm. 3, pp. 11-37.
- Rodríguez, R. & Guadarrama, Z. (2011). “Lineamientos de política pública para la innovación tecnológica en el Estado de Hidalgo”, en Cruz, B. (editor), *Aportes para el Desarrollo del Estado de Hidalgo, México*, Miguel Ángel Porrúa. 267 pp.
- Romer, P. (1990). “Endogenous technological change”. *Journal of Political Economy*, Vol. 98 núm. 5, pp. S71-S102.
- Sala-i-Martin, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*, 2da. Edición, Barcelona, Antoni Bosch Editor.
- Solow, R. (1997). *Learning from learning by doing: lessons for economic growth*, 1st edition, California, Stanford University Press.
- Terrones, M. (2007). “Nanotecnología en México: retos y perspectivas para el 2020”. En Calva, J. (coordinador), *Educación, Ciencia, Tecnología y Competitividad*. 1ra. Edición. México, Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Vázquez, A. L. (2011). Flujos de conocimiento científico y tecnológico. Universidad-empresa en el sector biofarmacéutico de Brasil, India y México: 1980-2008. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Vence, X. (2007). “Crecimiento económico, cambio estructural y economía basada en el conocimiento”, en Vence, X. (ed), *Crecimiento y políticas de innovación: nuevas tendencias y experiencias comparadas*, 1ra. Edición, Madrid, Editorial Pirámide, 346 pp.
- Viniegra, G. (2007). “La estrategia económica, la tecnología y la distribución del ingreso”. En Calva, J. (coordinador), *Educación, Ciencia, Tecnología y Competitividad*, 1^o Edición, México, Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Yoguel, G. y Boscherini, F. (1996). La capacidad innovativa y el fortalecimiento de la competitividad de las firmas: el caso de las pymes exportadoras en Argentina. Documento de trabajo No. 71. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Zewail, A. (2006). *Viaje a través del tiempo: senderos hacia el premio Nobel*. 1ra. Edición, México, Fondo de Cultura Económica, 180 pp.

Cómo citar este artículo:

Gracia, M. y Moctezuma, E. (2015). “¿Hay impacto del capital humano en la innovación tecnológica de México?”, *Oikos* N° 41, 49-68, Escuela de Administración

y Economía, Universidad Católica Silva Henríquez (UCSH), Santiago de Chile.

[<http://ediciones.ucsh.cl/revistas.php>]

Fecha de recepción: 12/11/2015

Fecha de aceptación: 20/01/2016