

El capital humano y la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) en el crecimiento económico de la región noroeste de México

Aneliss Aragón Jiménez, Jorge Rafael Figueroa Elenes, Tomás Jorge de Jesús Arroyo Parra

Centro de Estudios sobre el Desarrollo Económico Local

Universidad Autónoma de Sinaloa

Culiacán, Sin., México

aneliss_aj23@hotmail.com, fijr@uas.edu.mx, tom_ap05@hotmail.com

Abstract— In this paper, it is studied the influence of human capital and investment in research and development (R&D) on economic growth in the northwestern region of Mexico through the use of statistical and econometric techniques. It was proved the positive and significant impact of the variables. It was also proven the significant correlation between regional economic growth and indicators of science, technology and innovation. It was confirmed that municipalities with higher levels of gross domestic product (GDP) per capita, are those with higher levels of education and literacy. The impact of these variables was best expressed by a panel data model with fixed effects in time series, claiming that differences between years are taken into account significant.

Keyword— *Economic growth, human capital, research and development, science, technology, innovation.*

Resumen— En este trabajo, se estudió la influencia del capital humano y la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) sobre el crecimiento económico en la región noroeste de México mediante la utilización de técnicas estadísticas y econométricas. Se comprobó el impacto positivo y significativo de las variables. Se confirmó también, la significativa correlación entre el crecimiento económico regional y los indicadores de ciencia, tecnología e innovación. Se corroboró que los municipios con más altos niveles de Producto Interno Bruto (PIB) per cápita, son aquellos con mayores grados de escolaridad y alfabetización. El impacto de estas variables fue mejor expresado mediante un modelo de datos de panel con efectos fijos en series de tiempo, afirmando que las diferencias entre los años tomados en cuenta son significativas.

Palabras claves— *Crecimiento económico, capital humano, investigación y desarrollo, ciencia, tecnología, innovación.*

I. INTRODUCCIÓN

El interés sobre el crecimiento económico no es un asunto reciente. Hace ya muchas décadas que científicos sociales y políticos han tratado de responder a preguntas acerca de por qué unas economías son ricas y otras pobres, cómo crecen las economías, o cómo se explica tal crecimiento económico. Su importancia va más allá del aspecto puramente económico, dada su naturaleza social, ya que un aumento en éste permite, por un lado, alcanzar objetivos de política económica, pero también conlleva a obtener beneficios de carácter social como lo son la salud, la educación, vivienda, empleo, entre otros aspectos.

El conocimiento de los factores que influyen en la dinámica de una economía es esencial para lograr el crecimiento y desarrollo económico de la misma. Asimismo, resulta de gran importancia conocer el grado de impacto que dichos factores tienen sobre este crecimiento para, de esta manera, darles tratamiento en orden de importancia y urgencia dentro de la región de estudio. Para lograr este conocimiento, se hace imprescindible la aplicación del método científico y con ello viene la formalización matemática y la construcción de modelos. En el caso particular de esta investigación, la obtención de un modelo econométrico que pueda mostrar el impacto de las variables capital humano e inversión en I+D sobre los procesos de crecimiento y desarrollo en la región noroeste de México, resulta fundamental no sólo por el visible y poderoso vínculo que existe entre la dinámica de estas variables y

los procesos de crecimiento y desarrollo, sino también porque existe un evidente rezago que afecta a la región noroeste de México.

Existen numerosas teorías que a través del tiempo han intentado explicar el fenómeno del crecimiento económico, y cada una de ellas considera variables particulares para ello. De su revisión es que surgen las interrogantes sobre si las características del capital humano y de los procesos de I+D que se han desarrollado en la región noroeste de México en las dos últimas décadas, explican la dinámica de crecimiento económico que se ha presentado en las entidades federativas que la conforman, o si la formación de capital humano en la región habrá estado alineada con la consolidación de sectores emergentes y estratégicos para el impulso de procesos de crecimiento y desarrollo de largo plazo, o bien, si existen evidencias para considerar que, sobre la base de la dinámica, tendencia y caracterización de las variables capital humano e I+D, es posible fundamentar el diseño de políticas encaminadas a orientar y mejorar, en la región de estudio, el crecimiento económico a largo plazo.

El artículo tiene como objetivo conocer en qué medida las variables de capital humano e Investigación y Desarrollo (I+D) han impactado en los procesos de crecimiento y desarrollo económico de la región noroeste de México en los últimos años. Asimismo, identificar hasta dónde y de qué manera una mayor calificación del personal ocupado explica el crecimiento de la economía de la región, encontrar los vínculos entre el comportamiento de la variable I+D, el comportamiento de la formación de capital humano y la dinámica de crecimiento y desarrollo regional y, finalmente, probar la fortaleza de las variables explicativas en mención, para generar las bases sobre las cuales se puedan fundamentar políticas encaminadas a orientar y mejorar, en la región de estudio, el crecimiento económico a largo plazo.

Bajo la observación de que es posible encontrar una falta de profundidad en el estudio de la influencia de la formación del capital humano y la inversión I+D en el crecimiento de las regiones, a la luz de los procesos de integración económica, la hipótesis aquí sostenida es que el crecimiento y desarrollo económico que ha caracterizado a la región noroeste de México ha sido escaso y heterogéneo, lo cual es posible explicar mediante el análisis del comportamiento de las variables de formación de capital humano e inversión en I+D.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

A. *La teoría clásica*

Las teorías clásicas del crecimiento económico, surgidas desde antes de 1930, están representadas por los planteamientos teóricos de Adam Smith, Thomas Malthus y David Ricardo, así como también las aportaciones de Keynes, Marx y Schumpeter.

En principio Smith (1958), consideraba que la distinción entre trabajo productivo y trabajo improductivo estaba relacionada de manera especial con la forma en la que se conciben las condiciones que propician el crecimiento económico. Concebía la llegada de la economía a un estado estacionario mismo que se manifestaría en una disminución de los niveles de vida y en consecuencia en un aumento de la pobreza. De ahí que planteaba que sólo el crecimiento económico podría evitar la caída estrepitosa de los salarios a niveles de subsistencia.

Ricardo consideraba que para evitar que la economía llegara al estado estacionario era necesario aumentar el capital y el progreso técnico en los procesos productivos, lo que a su vez significaría asignarle un papel especialmente importante al ahorro como factor de crecimiento. (Escot y Galindo, 2001).

Para Malthus (1993), las economías están condenadas a un crecimiento que no es ilimitado y las encamina a un estado estacionario. Como es sabido, sus conclusiones están basadas en la dinámica de crecimiento de la población la que consideraba que aumentaba exponencialmente.

Para la escuela clásica, entonces, el crecimiento económico depende de la forma en la que se combinen el progreso tecnológico, el crecimiento demográfico y el ahorro.

Karl Marx (1848), pensaba en la desaparición del sistema capitalista en el largo plazo al observar su tendencia a la acumulación de riqueza en pocas manos, lo que provocaría un exceso de oferta y un aumento del desempleo, que desembocarían en crisis económicas. La crisis del capitalismo se vería reflejada en la caída de los beneficios, y conflictos entre trabajadores y empresarios, es decir, una lucha de clases que llevaría a una revolución y una transformación al socialismo, que gradualmente se convertiría en comunismo, en donde desaparecerían las clases sociales.

Las aportaciones de Schumpeter marcan el inicio del interés por la tecnología como factor explicativo del crecimiento económico, en el sentido de que son las innovaciones, provenientes de la investigación científica, las que crean las posibilidades de acumulación de capital y, en consecuencia, de un mayor crecimiento económico (Escot y Galindo, 2001).

Para Shumpeter (1952), el desarrollo de las economías sólo puede alcanzarse, si los empresarios emprendedores, mediante el apoyo financiero de los capitalistas, impulsan la economía a través de nuevas inversiones o innovaciones, bajo la modalidad de nuevos productos o nuevos mercados.

B. La teoría moderna

A partir de 1940, la teoría moderna del desarrollo introduce los modelos de Harrod (1939) y Domar (1946), que tienen como finalidad dinamizar el modelo de Keynes al tratar de identificar las condiciones en las que debe estar una economía para que se genere la suficiente demanda agregada que permita mantener un nivel de crecimiento económico sostenido, equilibrado y con pleno empleo.

De acuerdo al modelo de Harrod, para generar una senda de crecimiento sostenida a largo plazo, es necesario reducir el ahorro. Esto significa que se debe evitar la existencia de un nivel de ahorro que esté por encima de las necesidades que la economía tiene para alcanzar el pleno empleo e incorporar las innovaciones tecnológicas. En el mismo sentido, Domar (1946) plantea su modelo de crecimiento de manera independiente al de Harrod, aunque llegando a conclusiones muy similares.

Los modelos de Harrod y Domar presentan varias similitudes, es decir, ambos rechazan los postulados de la teoría neoclásica, consideran la existencia de dificultades a lo largo del tiempo que perjudican la posibilidad de alcanzar un crecimiento equilibrado con pleno empleo e incorporan condiciones de inestabilidad. Sin embargo, en el modelo de Harrod, la inestabilidad se debe a las expectativas de los empresarios y su influencia sobre la función de inversión, mientras que en el modelo de Domar, la inestabilidad se refiere a la posible disminución en los incentivos para invertir.

C. Los modelos neoclásicos

Por su parte, los modelos de crecimiento neoclásicos, que tienen su base en el crecimiento exógeno, inician con el trabajo de Solow (1956), quien plantea en su modelo que las economías que más crecen son aquellas que ahorran más, que sus máquinas se deprecian menos y que tienen una menor tasa de crecimiento de la población.

La función de producción neoclásica considera que la oferta o la producción de una economía se obtiene mediante la combinación de tres factores de producción. El factor trabajo se refiere a la cantidad de trabajadores participando en la economía, el factor capital se refiere a las máquinas y los equipos que se utilizan en el proceso productivo. Por último, la tecnología (o conocimiento), a diferencia de los dos primeros factores, se considera que se trata de un bien no rival, es decir, puede ser utilizada por más de

un usuario a la vez. Así pues, la producción de un país es función del trabajo, el capital y la tecnología, y en consecuencia la economía agregada puede aumentar si aumenta el stock de capital, la cantidad de trabajadores, o si mejora la tecnología.

Lo que se puede decir basándose en el modelo neoclásico es que la acumulación de capital no puede explicar el crecimiento de las economías. Entonces, el modelo considera que lo que puede hacer que las economías crezcan es un aumento en el nivel de tecnología. Pero existe el supuesto de que la tecnología crece de manera exógena, es decir, que aumenta sin la necesidad de que los miembros de la economía hagan algún esfuerzo o destinen recursos para ello.

En este sentido, el modelo neoclásico considera que la economía puede crecer a largo plazo si la tecnología crece, es decir, que la única fuente de crecimiento de la economía a largo plazo debe ser el progreso tecnológico, pero el modelo no explica de dónde surge este progreso exógeno.

La economía de los modelos neoclásicos no puede dedicar recursos para financiar el progreso tecnológico y por ello se ve obligada a suponer que el progreso tecnológico es exógeno, constituyéndose este razonamiento en una debilidad del modelo, en tanto todas aquellas variables que podrían promover una mejoría en el progreso tecnológico, como la mayor calidad del capital humano o un proceso dinámico de generación de innovaciones, no pueden ser considerados por el modelo, como estimulantes del crecimiento económico.

D. Teorías del crecimiento endógeno

El análisis del crecimiento económico desde la perspectiva neoclásica ha recibido muchas críticas dado que no resulta sostenible que los procesos de investigación y desarrollo, el gasto público y otras variables no tengan ningún efecto sobre las tasas de crecimiento a largo plazo. Debido a lo anterior, a mediados de los años ochenta del siglo pasado, surgieron las teorías de crecimiento endógeno.

Dentro de las teorías de crecimiento endógeno, podemos encontrar dos grupos de trabajos: en primer lugar, se tienen los modelos que utilizan el entorno de competencia imperfecta y en los cuales la tasa de inversión en I+D genera progreso técnico de forma endógena, ayudando así a que las economías crezcan. Por otro lado, se tienen aquellos modelos que eliminan el supuesto de rendimientos decrecientes a escala y que generan tasas de crecimiento positivas a largo plazo introduciendo la variable del capital humano.

El presente artículo se desarrolla en el marco de la teoría del crecimiento endógeno, en el ámbito regional, tomando en cuenta al capital humano y a la inversión en investigación y desarrollo para explicar los procesos de crecimiento.

La teoría del crecimiento endógeno concede un relevante papel al capital humano como estimulador de la productividad y motor del crecimiento económico. El capital humano y su impacto en el crecimiento económico han sido vistos y medidos principalmente a través de la educación.

Se considera que son los trabajos de J. Mincer, T. Schultz y G. Becker, los que sientan las bases para el estudio de la teoría del capital humano. Mincer (1958) plantea que la decisión del individuo de invertir en educación es libre, y ésta implica elegir el tiempo que se destinará a ella, es decir, el tiempo de entrenamiento o capacitación, lo que implica sacrificar ingresos, o más bien, posponerlos.

De acuerdo con la teoría del capital humano desarrollada por Schultz (1961) y Becker (1964), la educación mejora el nivel de habilidad de una persona y por lo tanto su capital humano. Mientras mayor sea el nivel de habilidad en la mano de obra, aumenta la capacidad de producción.

Por su parte, Nelson y Phelps (1966), plantean un doble papel para el capital humano en la función de producción que denomina efectos tasa y efectos nivel. Los primeros consideran que la inclusión del capital humano como un factor más es un error al ignorar con esto el efecto que produce también sobre

la tasa de crecimiento de la tecnología. Los segundos consideran la inclusión del capital humano en la función de producción como un factor productivo más.

Lucas (1988) le da especial importancia al capital humano como factor de crecimiento de las economías, incluso por encima de la tecnología, al considerar a ésta como un bien público y por lo tanto algo que es igualmente accesible en todas las naciones.

Rebelo (1991) considera que el capital humano se ha venido introduciendo como un factor adicional de producción, lo que contribuye al equilibrio de los niveles de producción en un modelo de crecimiento neoclásico y en la tasa de crecimiento equilibrado en un marco de crecimiento endógeno. Señala también que el capital humano puede desempeñar un papel productivo en términos de la capacidad de absorción de asimilar nuevas tecnologías.

En varios modelos teóricos se ha atribuido un papel fundamental a la Investigación y Desarrollo (I+D) en el impulso de la productividad y, en consecuencia, del crecimiento económico.

Las teorías de Grossman y Helpman (1989) y Romer (1990), se caracterizan por considerar un entorno de tres sectores: el productor de bienes finales, el productor de diseños innovadores y el productor de bienes intermedios. En tal entorno, el motor de crecimiento económico es la innovación tecnológica generada a partir de la actividad de investigación y desarrollo. Consideran que la tasa de crecimiento de los países está en función de la cantidad de mano de obra dedicada a la investigación y desarrollo, así como de las ventajas comparativas que esta actividad genera.

Romer (1986), considera que las empresas que invierten, también adquieren experiencia y conocimientos, entonces cuando una empresa aumenta su stock de capital a través de la inversión, no sólo produce un aumento en su propia producción, sino que lo hace también en la producción de las empresas a su alrededor, ya que los conocimientos adquiridos y utilizados por la empresa inversora, también pueden ser utilizados por las demás empresas. El autor establece una relación positiva entre el crecimiento económico de un país imitador y la brecha tecnológica, es decir, a medida que aumente la innovación, también lo hará la imitación, entonces la cantidad de capital humano dedicada a la imitación del conocimiento aumentará también.

Grossman y Helpman (1991) sostienen que las empresas que invierten en I+D dinamizan el crecimiento al generar una externalidad positiva a través de sus innovaciones, que terminan en el sector de la producción de bienes de consumo. Esto se explica mediante la introducción de innovaciones y mejoras continuas a los bienes intermedios, que hacen que aumente la productividad en el sector de los bienes finales.

Aghion y Howitt (1992) proponen que el crecimiento es una consecuencia de la innovación, y que ésta se logra a partir de la acumulación de conocimientos. El papel de la innovación es imprescindible, hay un producto final que sólo puede ser consumido pero es producido por bienes intermedios elaborados a través del trabajo empleando las innovaciones provenientes del conocimiento. En consecuencia, se presenta un círculo en el que mientras se van utilizando las innovaciones, se puede transformar el conocimiento hasta propiciar nuevas innovaciones.

El presente trabajo, dada su hipótesis y objetivo, se desarrolla en el marco de la teoría del crecimiento endógeno, en el ámbito regional, tomando en cuenta al capital humano y a la inversión en investigación y desarrollo para explicar los procesos de crecimiento.

E. Aportaciones recientes

Existe una gran cantidad de investigaciones que intentan probar la validez de las teorías de crecimiento endógeno y que toman al capital humano y a la inversión en investigación y desarrollo

como factores fundamentales para el impulso del crecimiento de las economías, señalando una relación positiva entre estas variables.

Tal hipótesis es sustentada por Fabio Manca (2011), quien muestra evidencia de complementariedades entre la inversión del sector público en I+D y la acumulación de capital humano, las cuales tienen un impacto significativo en el crecimiento de las regiones. Sus resultados ponen de manifiesto la importancia del capital humano en el proceso de crecimiento económico en las regiones europeas así como también que la I+D desempeña un papel positivo en el crecimiento económico de las mismas.

Neira (2007) muestra el importante, positivo y significativo impacto que tiene el capital humano sobre el desarrollo económico en países de la OCDE. Señala la conveniencia de desarrollar políticas de cooperación internacional que impulsen la educación y el desarrollo a nivel mundial.

López-Bazo y Moreno (2005), analizan el efecto agregado del capital humano desde el enfoque dual y afirman que, bajo ciertas circunstancias y desde una perspectiva económica y social, el capital humano tiene un efecto positivo sobre el crecimiento económico, lo que justifica el uso de recursos públicos para financiar la educación de la población.

Para México, Canudas (2001) analiza la aportación del capital humano al crecimiento del sector industrial del país a largo plazo, encontrando que las fuentes más importantes de crecimiento de la productividad industrial, están determinadas por el capital físico y humano acumulado inicial. Afirma que la aportación del capital humano fue clave en el crecimiento de la industria mexicana en el período de 1960 a 1993.

Díaz Bautista (2003) investiga el papel de la acumulación de capital humano e I+D en la explicación del crecimiento de las entidades federativas durante el periodo 1970-2000. Encuentra que las entidades que inicialmente estaban muy por debajo de su estado estacionario crecen más rápido que aquéllas que se encuentran cerca de su estado estacionario.

Garza (1994) encuentra que el capital humano tiene una gran importancia al tratar de explicar el fenómeno del crecimiento económico de los estados de la República Mexicana en el período de 1970-1988.

Mendoza (1997) con datos agregados de 1970 a 1996, afirmaba haber encontrado que el crecimiento del producto se debe al capital humano y al capital físico. Sin embargo hace especial énfasis en el empleo como principal motor de crecimiento económico del país en el período analizado.

III. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los propósitos de esta investigación, se realizó primeramente un análisis de correlación, el cual permite medir la intensidad de la asociación existente entre las variables de estudio. Para ello, se tomó la tasa de crecimiento del PIB per cápita en las entidades federativas del país durante el período 2003-2012, en su relación con algunos de los indicadores que el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) elaboró para realizar el Ranking de Ciencia, Tecnología e Innovación del año 2011.

Tabla I. Indicadores tomados en cuenta para el análisis de correlación.

	Indicador
1.	Posgrados PNPC-CONACYT, 2010
2.	Becas nacionales vigentes CONACYT, 2009 (Por cada 100 mil hab.)
3.	Centros de Investigación, 2010 (Por cada 100 mil hab.)
4.	Presupuesto para CTI, 2010 (% estatal)
5.	Población de 18 años y más con estudios de posgrado, 2010. (Por cada 100 mil hab. mayores de 18 años)
6.	Matrícula de posgrado afín a CyT, ciclo escolar 2007-2008 (Por cada 100 mil hab. mayores de 24 años)
7.	Matrícula de licenciatura universitaria y tecnológica (LUT) afín a CyT, ciclo escolar 2007-2008 (Por cada 100 mil hab. mayores de 18 años)
8.	Investigadores SNI, 2011 (Por cada 100 mil hab. mayores de 30 años)
9.	Patentes otorgadas, 2008
10.	Patentes solicitadas, 2009
11.	Empresas manufactureras grandes que invierten en I+D en sus procesos productivos, 2003
12.	Integrantes RENIECYT, 2010 (Por cada 100 mil hab. mayores de 30 años)
13.	Porcentaje de viviendas con computadora, 2010
14.	Porcentaje de viviendas con acceso a Internet, 2010

El análisis de correlación realizado toma en cuenta 14 indicadores, que se muestran en la tabla I. Dadas las diferencias en la población de las entidades, y con el fin de que las comparaciones sean lo más objetivas posible, se transformaron los datos de algunos de los indicadores considerando el tamaño de la población. Además del análisis de correlación, se recurrió a la utilización de modelos econométricos para probar la validez de la hipótesis presentada en el presente trabajo. Se realizó la estimación de dos modelos econométricos. Ambos contienen, como variable dependiente, indicadores relacionados con el crecimiento económico y, como variables explicativas, indicadores relacionados al capital humano y a la inversión en I+D.

En primer lugar se analizó, a nivel nacional, la relación de las variables anteriormente mencionadas. Para ello, se utilizó un modelo de corte transversal que estima la tasa de crecimiento del PIB per cápita de cada una de las 32 entidades federativas que conforman a la República Mexicana para el período 2009-2012, en función de dos variables: las becas nacionales vigentes CONACYT por cada 100 mil habitantes en cada entidad, en el año 2009, y una variable dicótoma referida a las patentes otorgadas en el año 2008.

El cálculo de la tasa de crecimiento del PIB per cápita para cada entidad federativa en el período señalado se realizó a partir de datos provenientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Por su parte, los datos sobre las becas nacionales vigentes CONACYT y las patentes otorgadas fueron los provenientes del Ranking Nacional de CTI 2011 del FCCyT.

El modelo toma la siguiente estructura:

$$TCPIB_i = \beta_1 + \beta_2 \text{LOG_BECAS}_i + \beta_3 \text{DPAT}_i + \mu_i \quad (1)$$

Donde:

TCPIB = Tasa de crecimiento del PIB (2009-2012) estatal per cápita, en millones de pesos.

LOG_BECAS = Número de becas nacionales vigentes CONACYT (2009) por cada 100 mil habitantes.

DPAT = Patentes otorgadas (2008).

0 = Ninguna patente otorgada (2008).

1 = Al menos una patente otorgada (2008).

De acuerdo con la hipótesis planteada, el resultado esperado son estimadores positivos y estadísticamente significativos.

Una vez realizada la estimación del modelo anterior, así como las pruebas pertinentes para probar su validez, y con la intención ahora de encontrar evidencia empírica a nivel regional sobre la relación directa que existe entre el crecimiento económico, el capital humano y la inversión en I+D, concretamente en el noroeste mexicano, se realizó una segunda regresión.

Se trata de un modelo con datos de panel, considerando información de los 100 municipios que conforman la región noroeste de México, para los años 2000 y 2005. Se estimó el PIB per cápita de cada uno de los municipios, en función del grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más, y de la tasa de alfabetización de cada municipio.

Se decidió realizar, primeramente, una regresión con un modelo de coeficientes constantes, pero dado que se tiene un gran número de unidades transversales (los municipios de la región) y un número pequeño de series de tiempo (los años 2000 y 2005), y que además sabemos que las unidades transversales a utilizar no serán extraídas aleatoriamente de una muestra mayor, sino que se manejan la totalidad de los municipios que conforman el noroeste mexicano, se procedió a la estimación de un modelo de efectos fijos bajo la sospecha de que, al final, resultaría ser el más apropiado.

La variable dependiente utilizada para estos modelos busca capturar el crecimiento del PIB per cápita de los habitantes en cada uno de los municipios de la región. Para ello se decidió utilizar, como variable dependiente, el logaritmo del PIB per cápita para los años 2000 y 2005 (L_PIBPC), con datos que proporciona el Sistema Municipal y Estatal de Bases de Datos (SIMBAD) del INEGI. Dado que la información estadística a nivel municipal no se recoge con periodicidad, se utilizó la variable de PIB per cápita para los municipios a precios constantes de 1993, siendo éstas las únicas bases de datos disponibles para los períodos analizados. Los datos de escolaridad y alfabetización también fueron provenientes de INEGI.

En consecuencia, el modelo estimado presentó la siguiente estructura:

$$L_PIBPC_{it} = \beta_1 + \beta_2 ESC_{it} + \beta_3 ALFA_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

Donde:

L_PIBPC: PIB per cápita municipal, en pesos.

ESC: Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más.

ALFA: Tasa de alfabetización.

En este caso, lo esperado fue también que, como resultado de la relación entre las variables, los valores de los estimadores fuesen positivos y estadísticamente significativos. Se realizaron también las pruebas correspondientes para descartar cualquier violación a los supuestos del modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

IV. RESULTADOS

Para el estudio de la relación de las variables de capital humano e inversión en I+D con el crecimiento económico en México, se calculó el coeficiente de correlación entre cada uno de los indicadores tomados en cuenta y la tasa de crecimiento del PIB per cápita en cada uno de los estados de la República Mexicana durante el período 2003-2012. La siguiente tabla presenta los coeficientes de correlación obtenidos. Los valores de las correlaciones más altas se muestran resaltados mediante otro color.

Tabla I. Correlación de indicadores de capital humano e I+D, con crecimiento económico en México 2003-2012.

Indicador	Correlación
Posgrados PNPC-CONACYT, 2010	0.104
Becas nacionales vigentes CONACYT, 2009 (Por cada 100 mil habitantes)	0.035
Centros de Investigación, 2010 (Por cada 100 mil habitantes)	0.522
Presupuesto para CTI, 2010 (% estatal)	0.086
Población de 18 años y más con estudios de posgrado, 2010. (Por cada 100 mil habitantes mayores de 18 años)	0.366
Matrícula de posgrado afín a CyT, ciclo escolar 2007-2008 (Por cada 100 mil habitantes mayores de 24 años)	0.101
Matrícula de licenciatura universitaria y tecnológica (LUT) afín a CyT, ciclo escolar 2007-2008 (Por cada 100 mil habitantes mayores de 18 años)	0.329
Investigadores SNI, 2011 (Por cada 100 mil habitantes mayores de 30 años)	0.152
Patentes otorgadas, 2008	0.144
Patentes solicitadas, 2009	0.139
Empresas manufactureras grandes que invierten en I+D en sus procesos productivos, 2003	0.030
Integrantes RENIECYT, 2010 (Por cada 100 mil habitantes mayores de 30 años)	0.255
Porcentaje de viviendas con computadora, 2010	0.221
Porcentaje de viviendas con acceso a Internet, 2010	0.224
± 0.349	Valor crítico de .05 (dos colas)
± 0.449	Valor crítico de .01 (dos colas)

A partir de los resultados obtenidos en la matriz de correlación, podemos afirmar que, efectivamente, todos los indicadores están correlacionados positivamente con la tasa de crecimiento del PIB per cápita, es decir que, en el período observado, el crecimiento económico camina en el mismo sentido que los indicadores analizados referidos al capital humano y la inversión en I+D. Así pues, el aumento en el valor de cualquiera de tales indicadores ha venido acompañado de un aumento en la tasa del crecimiento del PIB per cápita en el período, y viceversa, la disminución en el valor de los indicadores ha traído consigo una disminución en la tasa del crecimiento del PIB per cápita en el período.

Se observa también que los indicadores que presentan un nivel de correlación más alto son los referidos a los centros de investigación por cada 100 mil habitantes y a la población de 18 años y más con estudios de posgrado por cada 100 mil habitantes mayores de 18 años. El primero con valor de 0.522, que es significativo a niveles del 1 por ciento, mientras que el segundo con valor de 0.366 es significativo a niveles del 5 por ciento. Otro indicador que merece mención es el de matrícula de posgrado afín a CyT por cada 100 mil habitantes mayores de 24 años, que muestra también una de las más altas correlaciones, con un valor de 0.329.

Los indicadores que muestran correlación más baja son los referidos a empresas manufactureras grandes que invierten en I+D en sus procesos productivos y a becas nacionales vigentes CONACYT por cada 100 mil habitantes. Pese a ello, tales indicadores también muestran valores positivos.

Como se planteó en la metodología, en principio se trata de estimar un modelo econométrico que muestre la manera en la que la dinámica de la tasa de crecimiento del PIB per cápita de las entidades federativas, se explica a partir de la influencia que sobre ella ejercen las variables relacionadas con el capital humano y la innovación. Los resultados obtenidos para el modelo (1) son los siguientes:

Tabla II. Estimación de TCPIB a través de mco

Variable	Coefficiente	T-Statistic	Probabilidad
Constante	-0.451	-1.160	0.255
LOG_BECAS	0.332	4.180	0.000*
DPAT	1.598	2.928	0.006*

$R^2 = 0.556$

Prob. F(statistic) = 0.0000

De acuerdo los resultados de la tabla III, se verifica que para el período analizado, se tiene un impacto positivo y significativo tanto del capital humano como de la I+D sobre la tasa de crecimiento del PIB per cápita en las entidades del país. Es posible observar que, en este caso, la variable relacionada a las patentes, tiene un impacto mayor sobre la tasa de crecimiento del PIB. Sin embargo, las dos variables son altamente significativas, a niveles de uno por ciento, y son también globalmente significativas.

Los resultados revelan que la tasa de crecimiento del PIB per cápita de una entidad que registró patentes otorgadas en el año 2008 es 1.6 por ciento mayor que una entidad que no presenta ninguna patente para dicho año, siempre que la otra variable, correspondiente a las becas, se mantenga constante.

Con base en los resultados anteriores, se procedió a realizar las pruebas de violación de supuestos del modelo MCO, con el fin de identificar la presencia de normalidad en los residuos, de no multicolinealidad, de homoscedasticidad y de no autocorrelación. Se encontró que no puede rechazarse la hipótesis de comportamiento normal en los residuos, así como tampoco la existencia de homoscedasticidad. Se confirmó también la no presencia de multicolinealidad ni autocorrelación. El método de MCO resulta, por lo tanto, adecuado para la estimación de las variables explicativas en el modelo anterior.

A continuación se muestran los resultados de la estimación del segundo modelo, que permite analizar, en el ámbito municipal, la relación de las variables en cuestión, utilizando modelos econométricos con datos de panel. Los resultados obtenidos para el modelo (2) con coeficientes constantes, fueron los siguientes:

Tabla III. Estimación de L_PIBPC con coeficientes constantes

Variable	Coefficiente	T-Statistic	Probabilidad
Constante	6.126	14.340	0.000*
ESC	0.097	4.980	0.000*
ALFA	0.029	5.283	0.000*

$R^2 = 0.464$ Prob. F(statistic) = 0.0000 *Significativo al 1 por ciento.

Se puede observar que, para este modelo, ambas variables resultaron significativas a niveles del uno por ciento, explicando ambas, en conjunto, un 46 por ciento del comportamiento de la tasa del crecimiento del PIB en los municipios de la región, y siendo globalmente significativas.

Sin embargo, con el fin de evitar algún sesgo en los estimadores, y bajo el reconocimiento de la posibilidad de que las variables omitidas en el modelo, las cuales se encuentran recogidas en la perturbación, puedan generar cambios en los interceptos, ya sea a través del tiempo o en las unidades de corte transversal, se estimará ahora el modelo de efectos fijos tanto en sección cruzada como en series de tiempo.

TABLA V. estimación de L_PIBPC con efectos fijos en sección cruzada

Variable	Coefficiente	T-Statistic	Probabilidad
Constante	8.266	13.818	0.000*
ESC	0.033	2.123	0.036**
ALFA	0.011	1.519	0.132

R² = 0.985 Prob. F(statistic) = 0.0000
 * Significativo al 1 por ciento ** Significativo al 5 por ciento.

El modelo anterior asume que cada variable explicativa tiene un coeficiente para cada uno de los municipios. En este caso, la explicación del comportamiento del PIB per cápita es conjuntamente explicada por las variables del nivel de escolaridad y alfabetización en un 98 por ciento. Los signos de los coeficientes resultan positivos como se esperaba, sin embargo, la variable de analfabetismo no resulta estadísticamente significativa a niveles convencionales de significancia y la variable de escolaridad es significativa a niveles del cinco por ciento.

El modelo de efectos fijos en series de tiempo asume, por su parte, que cada variable explicativa tiene un coeficiente para cada uno de los períodos analizados. La estimación del modelo con efectos fijos en series de tiempo arroja también signos positivos para los estimadores y, además, ambas variables explicativas son estadísticamente significativas a cualquier nivel de significancia. En conjunto, las variables explican un 47 por ciento el comportamiento del PIB per cápita para estos años y son, en conjunto, significativas a cualquier nivel de significancia. Sin embargo, la variable de mayor impacto es la que tiene que ver con el grado de escolaridad de las personas mayores de 15 años.

Tabla IV. Estimación de L_PIBPC con efectos fijos en series de tiempo

Variable	Coefficiente	T-Statistic	Probabilidad
Constante	6.155	14.434	0.000*
ESC	0.105	5.203	0.000*
ALFA	0.028	5.099	0.000*

R² = 0.470 Prob. F(statistic) = 0.0000 *Significativo al 1 por ciento.

De acuerdo con los resultados de la tabla VI, se verifica que para el período analizado, se tiene un impacto positivo y significativo tanto del capital humano como de la I+D sobre el PIB per cápita en los municipios que conforman la región noroeste del país.

Se realizó la prueba de redundancia con el propósito de saber si las diferencias de efectos fijos en los agentes sociales y en las series de tiempo resultaban significativas. Partiendo de la hipótesis nula de que los efectos fijos son redundantes, y mediante el cálculo del estadístico de prueba, se confirmó que los efectos fijos en los agentes sociales eran redundantes, pero no en las series de tiempo, es decir, los efectos fijos de los períodos analizados no son iguales, por lo tanto, es posible afirmar que las diferencias entre los años tomados en cuenta son estadísticamente significativas y, en consecuencia, ha resultado adecuado tomarlos en cuenta para el análisis.

Finalmente, el modelo resultante es el siguiente:

$$L_PIBPCit = 6.155 + 0.024 \beta_1 - 0.024 \beta_2 + 0.105 ESCit + 0.028 ALFAit \quad (3)$$

Donde $\beta_1 = 1$, para 2000 y $\beta_2 = 1$, para 2005.

Lo anterior permite señalar que la tasa de crecimiento del PIB per cápita de la región noroeste de México, considerando los mismos niveles de escolaridad y alfabetización, fue 0.024 mayor en el 2000 en comparación con el 2005. Más específicamente, si tomáramos un municipio hipotético con el comportamiento promedio en educación y alfabetización, tendríamos una tasa de 9.58 en el 2000.

Mediante la modelización econométrica, se ha confirmado la hipótesis planteada en la presente investigación, mostrando evidencia empírica de la importancia de las variables de capital humano e I+D sobre el crecimiento económico, comprobando que tales variables tienen un vínculo positivo y significativo en el crecimiento económico del país y de la región noroeste de México.

V. CONCLUSIONES

La investigación realizada estudia la influencia de las variables de capital humano e inversión en I+D sobre el crecimiento económico, particularmente en la región noroeste de México. De acuerdo con la revisión de la literatura y los resultados del presente análisis, es posible confirmar la hipótesis sostenida de que las variables en mención tienen un impacto positivo y significativo sobre el crecimiento económico de dicha región. La utilización de técnicas estadísticas y econométricas resultó fundamental para poder explicar el comportamiento del conjunto de variables tomadas en cuenta.

Los resultados alcanzados confirman la hipótesis sostenida por los modelos de crecimiento endógeno, en el sentido de que los procesos de investigación y desarrollo y la inversión en capital humano, explican el comportamiento de las tasas de crecimiento.

El análisis de correlación realizado permite confirmar que, efectivamente, las variables en cuestión, crecimiento económico regional e indicadores de ciencia, tecnología e innovación, caminan en el mismo sentido. En particular, la región noroeste de México ocupa el tercer lugar de siete entre las regiones del país en cuanto a los indicadores tomados en cuenta.

El trabajo empírico confirma que los modelos utilizados explican adecuadamente el crecimiento económico a partir de las variables de capital humano e I+D. En primer lugar, el análisis a nivel nacional realizado a partir de indicadores referidos a becas y patentes en las entidades federativas del país, revela el impacto positivo y significativo que tuvieron estas variables en la tasa de crecimiento del PIB nacional en el período 2009-2012.

Asimismo, el modelo que analiza el comportamiento de las variables para los municipios de la región noroeste de México, confirma que tanto la tasa de alfabetización como el nivel de escolaridad de la población de 15 años y más, explica significativamente y de manera positiva el comportamiento del PIB per cápita de la región, concretamente en los años 2000 y 2005. Además, se muestra que el impacto de estas variables es mejor expresado mediante un modelo que maneja datos de panel con efectos fijos en series de tiempo, afirmando que las diferencias entre los años tomados en cuenta son significativas.

El presente estudio puede resultar de gran importancia en proyectos enfocados al desarrollo económico así como la integración económica de la región noroeste de México. Además, la metodología utilizada puede ser aplicada a otras regiones del país con el fin de analizar su situación respecto a las variables de estudio.

De esta manera, los resultados permiten ilustrar a los gobiernos sobre la situación regional y estatal, permitiendo fundamentar una política que atienda rezagos y estén orientadas al mejoramiento de las

condiciones económicas de la región y traducir esto en el desarrollo económico de la región en el largo plazo.

REFERENCIAS

- Aghion, P., y Howitt, P. (1998). *Endogenous growth theory*. Massachusetts, Estados Unidos: MIT Press, Cambridge.
- Becker, G. (1964). *Human Capital: A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. Nueva York, Estados Unidos: Columbia University Press.
- Canudas, R.D. (2001). Estudio econométrico de la influencia del capital humano en el crecimiento de la productividad industrial de México, 1960-1993. *Estudios Económicos de Desarrollo Internacional*, 1(2), 31-59.
- Díaz-Bautista, A. (2003). Convergence and Economic Growth considering Human Capital and R&D Spillovers. *Mexican Journal of Economics and Finance*, 2(2), 127-144.
- Domar, E. (1946). Capital expansion, rate of growth and employment. Recuperado en <http://www.ie.ufrj.br/oldroot/hpp/intranet/pdfs/domar1946.pdf>
- Escot, L., y Galindo M.A. (2001). Crecimiento económico. En M. A. Galindo (Ed.), *Diez temas de política económica* (pp. 19-40). Madrid, España: Ediciones Internacionales Universitarias.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico (2011). *Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Ranking 2011*. Recuperado en http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/ranking_de_cti_2011.pdf
- Garza, M.A. (1994). *Resultados de convergencia en niveles de vida entre estados de México, aplicación de modelos de crecimiento neoclásico: la importancia del capital humano*. Nuevo León, México: VAM. FE. CIE.
- Grossman, G.M, y Helpman, E. (1991). *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Grossman, G.M, y Helpman, E. (1989). *Trade, Innovation and growth*. Recuperado en <http://web.cenet.org.cn/upfile/59604.pdf>
- Harrod, R.F. (1939). *An essay in Dynamic Theory*. Recuperado en <http://piketty.pse.ens.fr/files/Harrod1939.pdf>
- López-Bazo, E., y Moreno, R. (2005). Human capital and regional economic growth: Evidence from the dual approach. *Congress of the European Regional Science Association*, 45, 1-30.
- Lucas, R. (1988). *On the mechanics of economic development*. Recuperado en <http://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/darcillon-thibault/lucasmechanicseconomicgrowth.pdf>
- Malthus, T. (1993). *An Essay on the Principle of Population*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- Manca, F. (2011). The "farthest" need the best. Human capital composition and development-specific economic growth. *IREA Working Papers*, 17, 1-63.
- Marx, K. (1848). *Manifiesto del partido comunista*. Recuperado en <http://espanol.free-ebooks.net/ebook/Manifiesto-del-Partido-Comunista>

- Mendoza, M.A. (1997). Educación y crecimiento económico en México, 1970-1996. Recuperado en www.old-anuies.mx/servicios/p_anuies/publicaciones/libros/72
- Mincer, J. (1958). Investment in Human Capital and Personal Income Distribution. Recuperado en [http://economia.uniandes.edu.co/content/download/47448/396408/file/6.%20Mincer%20\(1958\)%20%20Investment%20in%20Human%20Capital%20and%20Personal%20Income%20Distribution.pdf](http://economia.uniandes.edu.co/content/download/47448/396408/file/6.%20Mincer%20(1958)%20%20Investment%20in%20Human%20Capital%20and%20Personal%20Income%20Distribution.pdf)
- Neira, I. (2007). Capital humano y desarrollo económico mundial: modelos econométricos y perspectivas. *Estudios Económicos de Desarrollo Internacional*, 7, 53-80.
- Nelson, R., y Phelps, E. (1966). Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. Recuperado en http://federation.ens.fr/wheberg/parischoeco/formation/fcses/_boitdocu/0607s1_lect02_a.pdf.
- Rebelo, S. (1991). Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth. Recuperado en <http://www.dklevine.com/archive/refs42114.pdf>
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long-Run Growth. Recuperado en <http://ihome.ust.hk/~dxie/OnlineMacro/romerjpe1986.pdf>
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. Recuperado en <http://pages.stern.nyu.edu/~promer/Endogenous.pdf>
- Schultz, T. (1961). Investment in human capital. Recuperado en <https://webspace.utexas.edu/hcleaver/www/330T/350kPEESchultzInvestmentHumanCapital.pdf>
- Schumpeter, J. A. (1952). Capitalism, Socialism and Democracy. Recuperado en digamo.free.fr/capisoc.pdf.
- Smith, A. (1958). Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory economic of growth. Recuperado en http://faculty.lebow.drexel.edu/LainczC/cal38/Growth/Solow_1956.pdf