

XINGAN LI | M<sup>ª</sup> DEL CARMEN MORENO SÁEZ | JENNIFER HARRISON | KRISTEN BURNS | ERICA ONGSTAD  
ALEJANDRA SANTANA LÓPEZ | TALY REININGER POLLAK | CRUZ GARCÍA LIRIOS | MARGARITA JUÁREZ NÁJERA  
FRANCISCO RUBÉN SANDOVAL VÁZQUEZ | JOSÉ MARCOS BUSTOS AGUAYO | ANA BEATRIZ CARRERA AGUILAR  
ARTURO ROBLES VALENCIA

# El papel de las externalidades de capital humano en un modelo de crecimiento endógeno para México

## The role of human capital externalities in an endogenous growth model for Mexico

Ana Beatriz Carrera Aguilar\*, Arturo Robles Valencia\*\*

\* Universidad Nacional Autónoma de México. [anacarrera@comunidad.unam.mx](mailto:anacarrera@comunidad.unam.mx),

\*\* Universidad de Sonora. [arturo.robles@pitic.uson.mx](mailto:arturo.robles@pitic.uson.mx)

---

### Abstract:

Through empirical approaches supported in the growth model of Paul Romer and neo-classical production function Cobb-Douglas, this work includes specific factors such as externalities capital models to explain economic growth in Mexico. A panel data was constructed for 2003-2008 and a fixed-time-effects regression model applied. It is concluded that technological parameter is crucial for the growth of Mexican GDP, that is, the proportion of population with university degree directly affects economic growth. Investments in science and technology made by mexican states were not significatives within the experiment performed.

**Keywords:** economic growth and externalities. JEL Classification: O32 O33 O54.

---

### Resumen:

A través de aproximaciones empíricas apoyadas en el modelo de crecimiento de Paul Romer y de la función de producción neoclásica tipo Cobb-Douglas, este trabajo incluye los factores propios de estos modelos a través de externalidades de capital para explicar el crecimiento económico en México. Se realizó un modelo de regresión de efectos fijos en el tiempo, empleando datos longitudinales para el período 2003-2008. Se concluye que el parámetro tecnológico es determinante para explicar el crecimiento del PIB mexicano, esto es, que la proporción de población con estudios superiores terminados influye directamente en el crecimiento económico del país. Las inversiones en ciencia y tecnología por parte de los estados mexicanos resultaron no significativas dentro del experimento realizado.

**Palabras clave:** crecimiento económico y externalidades.

---

**Article info:**

*Received: 11/02/2016 / Received in revised form: 15/06/2017*

*Accepted: 25/06/2017 / Published online: 01/07/2017*

DOI: <http://dx.doi.org/10.5944/comunitania.14.6>

**1. Introducción**

El capital humano y su acumulación es un tema bastante socorrido dentro del crecimiento y desarrollo económico. En diversos estudios donde se indaga cuáles son los factores que determinan el crecimiento económico y su productividad, se le da reconocimiento a la inversión en capital humano como un complemento a las contribuciones mismas de la inversión en capital fijo.

Partiendo de un enfoque de crecimiento endógeno, la existencia de externalidades a partir de la acumulación de capital humano puede definirse como aquellas que refuerzan la productividad del capital físico, por lo que el crecimiento de la economía puede darse en forma sostenida (Gaviria, 2005). El auge de este tipo de estudios sobre el crecimiento económico endógeno, nace a partir de algunos trabajos que plantean modelos con la presencia de un sector de Investigación y Desarrollo, el cual constituye el motor del avance tecnológico y por ende, del incremento en la productividad total (Lucas, 1988; Romer 1990).

El presente trabajo emplea el modelo de Romer (1986) y parte de una función de producción neoclásica de tipo Cobb-Douglas (Solow, 1956) como reflejo de la producción, del trabajo y del capital usado en “el momento mismo”; pero a la vez, reconoce el aporte que realiza Romer (1990) al incluir otros factores dentro de este proceso a los cuales denominó externalidades de capital y que representó como el capital agregado de la economía, es decir, factores como el avance tecnológico, la experiencia y el acumulado de conocimientos (Sala-i-Martin, 2000).

Otros modelos hacen hincapié en la acumulación de factores, que al generar efectos derrame en la producción compensan los rendimientos marginales decrecientes en el capital físico (Romer, 1986 y Lucas, 1988), por lo que cada vez es más común encontrarnos con información que afirma que el cambio tecnológico ha promovido el crecimiento rápido en las economías y que ha reducido sus niveles de pobreza, como los casos de China e India. Sin embargo existen otros casos como el mexicano, donde la experiencia no se repite a pesar de encontrarse integrado también a la economía global (Estrada, 2010).

Sobra decir que el sistema capitalista ha mostrado tener su fuerza en los avances tecnológicos, quienes han contribuido a mejorar y a configurar una nueva dimensión internacional del trabajo y es precisamente este campo lo que ha llevado a economías del conocimiento a discutir sobre el cambio tecnológico.

En cuanto a los avances tecnológicos, existen dos propiedades fundamentales en los bienes empleados para el funcionamiento de la economía: los bienes rivales; los que tiene un grado de exclusión y los no rivales. Un bien rival tiene la propiedad de ser usado por una sola persona o empresa, lo que hace que otros no puedan emplearlo, un ejemplo sería un bien tecnológico, si este fuera no rival, podría ser utilizado por todos los agentes de una economía. Estos bienes exclusivos se encuentran en función de la tecnología y del sistema legal, como las licencias, patentes o contratos (Romer, 1990).

Sin embargo, la tecnología tiene también el carácter de bien público. La información es un bien no rival y con un grado bajo de exclusión; por ejemplo, el hecho de que estudiantes de una determinada escuela tengan acceso a materiales electrónicos no impide que estudiantes de otra escuela tengan acceso al mismo material. De manera similar, el que una empresa tenga acceso a información sobre un mercado para su producto no es factor para excluir al resto de la economía de este conocimiento. El equipo de cómputo que permite tener acceso a información es un bien rival, dado que su uso excluye el de otros, por lo que se requiere tanto equipo como usuarios existan, de igual manera las habilidades y calificaciones de los técnicos son rivales, aunque el conocimiento sobre la operación del sistema no lo es. En torno a estos conceptos se han desarrollado modelos de crecimiento los cuales toman en cuenta estas formas de tecnología y conocimiento y sobre todo, externalidades asociadas a la misma tecnología. (Estrada, 2010).

En la sección II de este trabajo se abordarán los aspectos teóricos que enmarcan el modelo a utilizar. La sección III se enfoca en la revisión de la parte empírica de casos a nivel internacional y mexicano sobre las externalidades de capital. La sección IV explicará la estrategia metodológica y los datos fuente. La sección V presenta los resultados del experimento realizado y, en la sección VI, se hacen algunas consideraciones finales de acuerdo con los resultados encontrados.

## **2. Aspectos teóricos**

El vínculo entre el crecimiento económico y el comercio internacional se abordó retomando la hipótesis de la convergencia, esto después del aporte de Solow (1956). Suponiendo que los países tengan parámetros estructurales similares, se insistía en que los países con un menor acervo de capital físico per cápita presentarían tasas de crecimiento altas en el corto plazo, y en el largo plazo se tendería a un estado de crecimiento equilibrado parecido al de los países con capital físico per cápita alto. Bajo esta perspectiva, se conjetura que el progreso técnico fluye de los países desarrollados a los menos desarrollados. Si el entorno es de economías abiertas, es fácil afirmar que el comercio internacional facilita la propagación del progreso técnico y promueve el crecimiento económico; pero la limitante es que el progreso tecnológico es exógeno (Vite, 2008).

Al trabajo publicado en 1986 por Paul Romer se le ha adjudicado ser el parteaguas de la literatura sobre crecimiento endógeno. Romer en este trabajo se encarga de anular las hipótesis de los rendimientos decrecientes de capital como consecuencia al conocimiento, el cual era obtenido como un subproducto de la inversión en capital físico; el llamado aprendizaje adquirido en la práctica ("*learning by doing*") y que otros estudiosos como Arrow (1962) y Levhari (1968) desde los años 60s habían dado seguimiento previo a estos aspectos del crecimiento endógeno, afirmando que el avance tecnológico se comportaba de forma endógena debido a los efectos generados por el mismo progreso técnico contenidos en conocimiento mejorado y en el aprendizaje nacido de la práctica.

En el mismo cauce, Romer encuentra cabida en las ideas iniciales de Arrow (1962) sobre el fenómeno que se presenta cuando una empresa incrementa su stock de capital físico por medio de la inversión, ya que no solamente aumenta la producción misma sino también la producción del entorno empresarial, ¿por qué pasaría esto?, porque los conocimientos adquiridos por la empresa que decide invertir pueden ser empleados también por las demás empresas que la rodean. En otras palabras, el rendimiento óptimo social del capital físico es mayor que su rendimiento privado, por lo que ese aumento en el stock da lugar a las externalidades, las cuales son las responsables de hacer posible el crecimiento de la economía (Gaviria, 2005).

El análisis de esta relación sigue dos corrientes principales o líneas de investigación. La primera que se orienta al proceso de acumulación de capital físico a partir del *learning by doing* acompañado de externalidades; y la segunda que abarca modelos donde el crecimiento responde a actividades intencionales de investigación y desarrollo. Es importante destacar, que el objetivo de la presente investigación es analizar el papel de las externalidades de capital humano dentro del crecimiento económico de México, razón por la que la teoría de crecimiento endógeno enmarca este trabajo, apoyada fuertemente por la aplicación de un modelo neoclásico AK de crecimiento económico.

Como ya se ha mencionado, una externalidad es aquella que resulta de las actividades realizadas por una empresa o agente económico, pero que no asume todos los costes o no recibe todos los beneficios. Se puede entender también a las externalidades como las situaciones en las cuales dichos costos o beneficios de producción y/o consumo de algún bien o servicio no son reflejados en el precio de mercado de los mismos. En otras palabras, se consideran externalidades todas las actividades que afectan a otros para mejorar o para empeorar, sin que éstos paguen por ellas o sean gratificados.

Aunque el análisis de la innovación por lo general ha sido confinado al interior de la empresa, la idea de que las fuentes externas de conocimiento son importantes ha ido ganando aceptación. Los modelos de crecimiento económico enfatizan el rol de estas externalidades o "*spillovers*" del conocimiento para generar crecimiento (Romer, 1990; Grossman, 1991).

Ahora bien, centrémonos en las seis diferencias entre un modelo de crecimiento endógeno y el modelo neoclásico de crecimiento, de ellas se marca la pauta para el modelo de tecnología AK con externalidades de capital aplicable a este trabajo. En primer lugar, la tasa de crecimiento del producto per cápita puede ser positiva sin necesidad de tener que suponer que alguna variable crece continua y exógenamente. En segundo lugar, la tasa de crecimiento viene determinada por un factor visible: las economías con mayores tasas de ahorro tienden a crecer más. Tercero, la economía carece de una transición hacia el estado estacionario ya que siempre crece a una tasa constante, que es independiente del valor que adopte el stock de capital. Cuarto, este modelo predice que no existe ningún tipo de relación entre la tasa de crecimiento de la economía y el nivel alcanzado por la renta nacional, es decir, no predice convergencia. En quinto lugar, el modelo AK predice que los efectos de una recesión temporal son permanentes, donde si el stock de capital disminuye temporalmente por una causa exógena, la economía no va a crecer transitoriamente más deprisa para volver a la trayectoria de acumulación de capital anterior (Sala-i-Martin, 2000).

La sexta diferencia es el argumento de que el corto plazo en el modelo AK no considera rendimientos decrecientes de capital, incluso cuando la tecnología es AK no puede haber demasiada inversión en el sentido de que la economía no puede encontrarse en la zona dinámicamente ineficiente. Este modelo constituye la base sobre la que se construye toda la teoría del crecimiento endógeno y entrevé las primeras percepciones cuando una empresa aumenta su stock de capital a través de la inversión, que no solo aumenta su producción sino que aumenta la producción de las que la rodean, es decir, surgen conceptos como el “aprendizaje en la práctica” y los “efectos derrame”.

### **3. Revisión de literatura empírica enfocada a las externalidades de capital**

La literatura moderna de modelos de crecimiento centra su atención en modalidades de progreso técnico que tienen relación con los procesos de acumulación y competencia. Tomando como referencia al trabajo de Romer (1990), se observa que si una empresa aumenta su stock de capital con una inversión en tecnología, ésta repercute no solo en su propia producción sino también en la de otras empresas, ya que esos conocimientos y experiencias recién adquiridos por la empresa que realiza la inversión, pueden ser utilizados por las otras. Es decir, que el rendimiento que genera la inversión crea efectos derrame, dichos efectos en el capital social son de mayor rendimiento para la economía que la inversión en capital físico, por lo que el aumento en el stock de este factor genera externalidades de capital humano que hacen posible un mayor crecimiento de la economía.

En el caso de los modelos de crecimiento endógeno, se busca encontrar a los impulsores del crecimiento mediante externalidades o en modelos de aprendizaje

de producción, así como en la formación de nuevos recursos humanos (Estrada, 2000). Estos modelos son relevantes para países de industrialización intermedia, en los cuales no ocurren los avances tecnológicos de frontera, por lo que en el caso de México es importante probar este tipo de modelos. Cabe mencionar que en países desarrollados su implementación también ha sido útil en la formulación de política pública.

Para el caso de España, Rubio y Aznar (2002) elaboran un modelo AK con el objetivo de reducir la contaminación, justificando los efectos negativos que ésta tiene en el bienestar individual y la productividad del capital agregado. Logran demostrar que el nivel de calidad medioambiental ligado al equilibrio de mercado es menor que el nivel de eficacia y que a la vez, el nivel de crecimiento depende del alcance de los efectos externos del medio ambiente sobre la producción.

Otra contribución española es la realizada por Larramona (2005). El trabajo analiza el fenómeno de la migración a través de un modelo de crecimiento AK. Demuestra que como consecuencia del proceso de maximización de la utilidad, los individuos deciden regresar a su país natal y que la dinámica hacia el estado estacionario puede presentar convergencia oscilatoria, lo que puede explicar la posible reversión temporal de los flujos migratorios, es decir, si la tasa de crecimiento de la población del país emisor es distinta a la del país receptor, se puede presentar una reversión del flujo migratorio, de manera que en el largo plazo los trabajadores vayan al país que en principio era emisor de población.

Para el caso mexicano destacan varios trabajos. El estudio de Díaz-Bautista (2006), por ejemplo, busca explicar el crecimiento económico de México a través de dos factores: la inversión extranjera directa (IED) y la apertura comercial del TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte); a partir de ello el autor centra su atención en cómo estas relaciones impactan a las instituciones y a su capital humano. Entre sus principales conclusiones Díaz-Bautista resalta la importancia de la cooperación internacional, la apertura comercial y sobre todo las externalidades creadas por el capital; dentro de las cuales destacan el aumento de la productividad, la cooperación sectorial y el incremento del crecimiento económico.

Una aproximación por regiones es elaborada por Iturribarría (2007), mediante una estimación tipo cross-section con datos de encuestas de INEGI: la Encuesta Nacional de Empleo Urbano y la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENEU y ENIGH). Se analizan las principales áreas metropolitanas del país con la intención de confirmar si la importancia de la educación agregada sobre los ingresos en las ciudades se mantiene al nivel de los estados mexicanos. Dentro de los resultados más relevantes de esta investigación se encuentran: 1) la incidencia observada sobre el salario urbano y su relación con la concentración del capital humano; 2) que para los trabajadores de las entidades federativas, el nivel de empleo estatal incide positiva y significativamente sobre su productividad y; 3) la

concentración del capital humano tiene mayor incidencia sobre la productividad de los trabajadores de las ciudades y entidades federativas del Noroeste, Noreste y Capital.

Otra aportación interesante es la de Rodríguez-Arana (2007). El trabajo ejecuta calibraciones de un modelo tipo AK para México realizando comparaciones con el país vecino: Estados Unidos. El resultado principal de su trabajo es que con una tasa de crecimiento aproximada a 3.6%, los parámetros que determinan el crecimiento económico del país se vuelven compatibles, y que bajo esta situación, la razón entre el PIB de México y el de Estados Unidos crecería de forma moderada en el tiempo. Este autor afirma que el crecimiento de largo plazo de México depende principalmente de las remesas familiares y del crecimiento económico de los Estados Unidos, por lo que para México es necesaria la implementación de políticas que incrementen el ahorro doméstico y la productividad.

Por su parte, Rivas y Venegas (2010) realizan un estudio de los efectos de la participación del gobierno como impulsor del cambio tecnológico por medio del gasto asignado a ello. Este trabajo realiza la aplicación de un modelo de crecimiento endógeno capaz de determinar la tasa de crecimiento económico de equilibrio con la finalidad de obtener el gasto óptimo, es decir, la búsqueda de la maximización del bienestar económico. Dentro de los aspectos relevantes se encuentran: la evaluación de los shocks en precios, salarios y gasto público sobre el bienestar económico así como sus consecuencias y el uso de simulaciones matemáticas para llegar a los resultados. Rivas y Venegas (2010) hacen alusión a que todo aumento en el gasto tanto en nueva tecnología como en capacitación para el trabajo, tiene repercusión positiva en el bienestar económico de los hogares; caso contrario con el alza de precios en los bienes de consumo, el cual genera un efecto negativo.

Es por ello que se han realizado trabajos que denuncian que el crecimiento económico no debe sustentarse en factores que definan una especialización con base en mano de obra barata, y cómo países de industrialización intermedia, como México, deben crear una estrategia de largo plazo donde además de los factores relativos a la acumulación de capital físico, se comprometan a las nuevas formas de organización, las tecnologías avanzadas así como a las tradicionales. Esto se expresa en el trabajo de Estrada (2000) donde se hace referencia a que el crecimiento económico debe tener impulsores mediante externalidades y/o basarse éstas, en modelos de aprendizaje de producción y en la formación de recursos humanos.

#### **4. Metodología y datos empleados**

Partiendo del modelo teórico y de acuerdo con las líneas del trabajo de Romer (1990), se adopta su fórmula de producción, haciéndose explícito el aporte de las externalidades:



$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^{1-\alpha} k_t^\eta \quad (1)$$

donde,  $Y$  es la producción agregada en el momento  $t$ ,  $K$ , es el capital agregado en el momento  $t$  y  $L_t$  es el trabajo agregado en el momento  $t$ . Además del término  $k_t^\eta$  el cual representa la externalidad, siendo el parámetro  $\eta$  indicativo de la importancia de la externalidad, de lo contrario, si  $\eta = 0$ , esta sería la forma tradicional de una función Cobb-Douglas sin externalidades. Mientras que el parámetro  $k$  hace referencia al stock de capacidades, técnicas y conocimientos tecnológicos.

Consideramos, que este modelo debe ser sujeto a;

$$\dot{A} = \delta H_A A \quad (2)$$

donde, se estipula que el equilibrio parte de la asunción de que cualquiera dedicado a la investigación tiene acceso libre al conocimiento, esta formulación (ecuación 2) comprende el total de capital humano; y asume dos aspectos importantes: que a mayor capital humano ( $H_A$ ), mayor será la producción, y que entre más stock de capital y conocimiento exista, será mayor la productividad de la mano de obra ( $H_A A$ ). En otras palabras, a mayor capital humano será mayor el nivel de producción, pero de no existir las condiciones para que estos conocimientos sean aprovechados, no podrá ser posible un mayor nivel de crecimiento ni de productividad (Romer, 1990).

En la función de producción (la ecuación 1 en su forma más sencilla), observamos que el comportamiento del modelo recae en los parámetros  $\alpha$  y  $\eta$  (ecuación 3).

$$Y = AK^{\alpha+\eta} \quad (3)$$

Asimismo al expresar la ecuación 3, en términos per cápita, es decir  $\frac{Y}{L} = \frac{AK^{\alpha+\eta}}{L}$  y; y en base a las formulaciones de crecimiento de Solow (1956) obtenemos la tasa de crecimiento para el modelo AK.

$$yk = sA - (\delta + n) \quad (4)$$

La tasa de crecimiento difiere del modelo neoclásico tradicional en el sentido que presenta un valor positivo y constante en el ahorro (siempre que supere al valor de  $\delta + n$ ). Por otra parte, en este modelo existen consecuencias ante una alteración de forma exógena de alguno de los parámetros del modelo, por ejemplo; la tasa de ahorro, dado que ésta provoca un incremento de la tasa de crecimiento (Sala-i-Martin, 2000).

El mismo razonamiento es válido para el resto de parámetros que intervienen en la función de producción, por lo que en este caso existe otra diferencia que radica en la posibilidad de intervención pública a través de medidas de política que afecten

a las variables que condicionan el crecimiento obtenido. Por tanto, eliminando el supuesto de la existencia de rendimientos decrecientes en el factor acumulable se obtiene un crecimiento endógeno positivo y a largo plazo.

Este modelo asume un nivel de tecnología dado, que de acuerdo con Romer (1990) es condición necesaria para que se conserve un escenario de competencia perfecta: a) que presente rendimientos constantes a escala, al igual que los modelos neoclásicos; b) que presente rendimientos positivos pero no decrecientes de capital, a diferencia del modelo neoclásico; y c) que no se satisfagan las condiciones de Inada, ya que el producto marginal decreciente es siempre igual a  $y$ , por lo que se aproxima a cero cuando se aproxima a infinito y no se aproxima a infinito cuando se aproxima a cero (Sala-i-Martin, 2000).

La función de producción con externalidades que se empleó (ver ecuaciones 1 y 3) supone tasas de ahorro constantes en el modelo, es decir, Romer enfatiza que las empresas que invierten, adquieren a la vez experiencia y conocimientos. Estos conocimientos pueden ser empleados por las demás empresas y de ahí, que el producto de ellas incremente. Al considerar (ecuación 3), se obtiene que la función de producción de Romer es  $y = sAK^{\alpha+\eta-1} - (\delta + n)$ , substituyendo en la ecuación 4, la tasa de crecimiento quedaría:

$$y = sAK^{\alpha+\eta-1} - (\delta + n) \quad (5)$$

de esta manera la figura del capital desaparece de la ecuación y la tasa de crecimiento se convierte en  $sA - \delta + n$ ; es decir, el conjunto de capacidades tecnológicas debe ser mayor a la curva de depreciación (Solow, 1956, Romer 1986, Romer, 1990, Sala-i-Martin, 2000).

Se aplican estas condiciones a datos empíricos del caso mexicano, donde se tomó como base el período 2003-2008 de acuerdo a la actividad económica del país, así como datos de ciencia y tecnología para medir las condiciones del modelo AK, para cada una de las 32 entidades del país.

Las bases de datos consultadas sobre información económica del país fueron: Banco de Información Económica-BIE<sup>1</sup> accesible en la plataforma de INEGI, y las estadísticas del Instituto Mexicano para la Competitividad-IMCO A.C.<sup>2</sup>. Para los datos de ciencia y tecnología se consultaron las series estadísticas del Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT (SIICYT)<sup>3</sup>. En la Tabla 1 se presenta la notación empleada de las variables del estudio.

<sup>1</sup> Consulta electrónica en el BIE – Banco de Información Económica del INEGI: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/>

<sup>2</sup> Descarga de indicadores económicos del IMCO A.C.: <http://imco.org.mx/es/indicadores/>

<sup>3</sup> Descarga de las series estadísticas del SIICYT- CONACYT: <http://www.siicyt.gob.mx/siicyt/cms/paginas/Estadistica.jsp>

**TABLA 1. Notación**

Y	Producto Interno Bruto (PIB).
A	Porción de población económicamente activa (PEA) con educación superior o más.
K	Acervos netos de capital.
$\eta$	Gasto en Ciencia y Tecnología.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, IMCO y CONACYT.

En la tabla 2 se despliega el resumen de la serie de datos empleada en el modelo para las entidades federativas de México. A continuación se presenta el modelo estimado, partiendo de la ecuación 1 se presenta un modelo con datos de sección cruzada para encontrar el aporte de cada una de las entidades en el modelo de crecimiento endógeno con externalidades de capital, con énfasis en el coeficiente que identifica la externalidad de conocimientos  $k_t^\eta$ . La ecuación aplicada a datos de los estados mexicanos se construyó de la siguiente forma,

$$Y_t = \beta_0 t + \beta A_t + \beta K_t^\alpha + \beta k_t^\eta \quad (6)$$

donde el crecimiento del PIB, está explicado por el parámetro tecnológico (conocimientos y técnicas), los acervos de capital y la inversión en tecnología que generará conocimientos y que se convertirán en externalidades del conocimiento al resto de la economía (para efectos de este trabajo); y el gasto en ciencia y tecnología.

**TABLA 2. Cambio Porcentual en las Variables consideradas para el modelo de crecimiento, México 2003-2008**

Estado	$\Delta\%Y$	$\Delta\%A$	$\Delta\%K$	$\Delta\%L$	$\Delta\%\eta$
Aguascalientes	24.14	40.86	116.59	15.60	72.00
Baja California	17.68	42.48	122.85	13.67	-48.05
Baja California Sur	34.60	30.74	91.00	27.56	116.36
Campeche	-11.33	55.15	82.58	28.38	1517.90
Coahuila	17.60	29.29	116.69	12.11	36.64
Colima	12.50	50.88	126.73	15.90	372.61
Chiapas	7.93	74.64	208.62	24.70	397.23
Chihuahua	20.73	38.81	115.32	5.98	-66.93
Distrito Federal	15.01	34.83	131.41	20.86	-88.62
Durango	10.53	48.82	151.08	5.63	347.87
Guanajuato	13.38	58.15	133.91	6.88	139.27
Guerrero	11.04	59.06	241.16	7.26	992.26
Hidalgo	25.27	71.12	110.32	10.17	252.09
Jalisco	17.60	48.22	87.60	-0.93	-28.86
México	22.49	47.88	63.31	10.18	-35.30
Michoacán	17.43	58.62	119.58	9.28	-25.43
Morelos	6.97	42.10	33.26	13.04	-28.14
Nayarit	28.15	51.57	220.19	14.55	840.15
Nuevo León	27.86	31.33	105.72	10.12	-28.27
Oaxaca	12.29	64.19	142.38	18.90	65.14
Puebla	22.58	57.51	152.43	-0.73	-59.26
Querétaro	35.18	49.04	116.33	6.50	-44.06
Quintana Roo	33.50	-1.35	62.70	14.20	181.87
San Luis Potosí	21.62	52.01	121.56	48.84	300.25
Sinaloa	20.14	67.53	197.24	1.39	-7.59
Sonora	23.61	50.70	104.31	3.86	132.01
Tabasco	28.18	61.30	47.82	11.68	555.81
Tamaulipas	21.15	37.50	127.80	2.82	250.62
Tlaxcala	9.70	52.17	58.52	12.36	402.48
Veracruz	21.75	37.97	112.47	12.35	11.85
Yucatán	25.80	46.33	148.25	9.30	123.42
Zacatecas	24.21	52.99	126.53	10.94	325.73

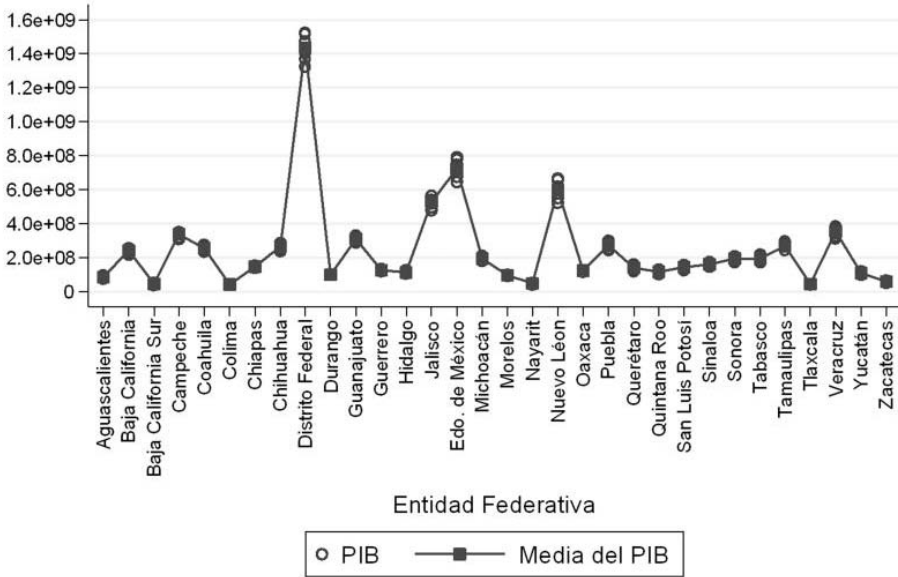
Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, IMCO y CONACYT.

## 5. Resultados empíricos

Para el análisis empírico del modelo se recurrió a una serie de datos longitudinales. Se construyó un panel con todas las entidades de México para los 6 años pos-

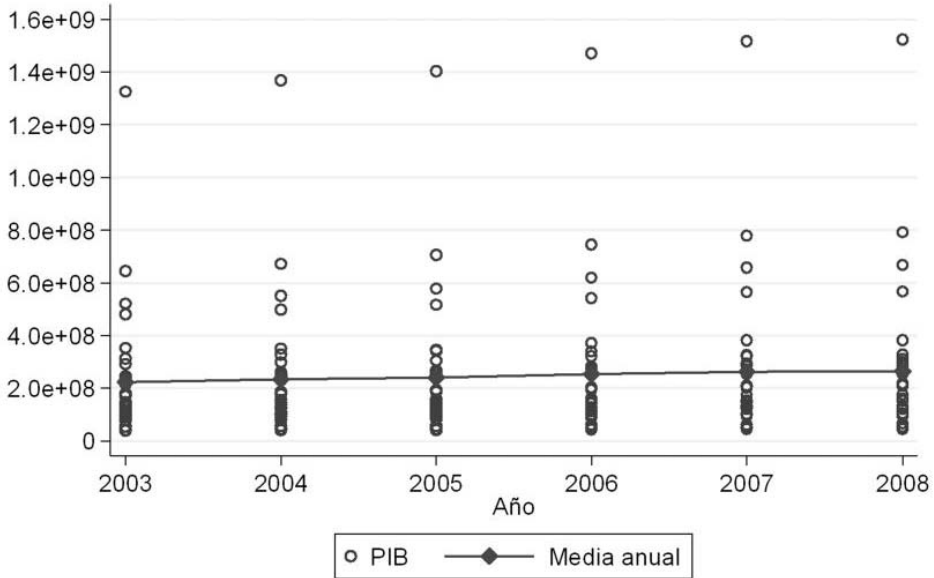
teriores a los cambios estructurales en materia macroeconómica (2003-2008), que si bien no tienen lugar en la discusión de este trabajo, enmarcan la dinámica de la economía mexicana.

**GRÁFICA 1. Heterogeneidad en el Crecimiento del PIB en México 2003-2008**



Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, IMCO y CONACYT.

En la gráfica 1 se muestra el crecimiento de cada uno de los Estados y se aprecia la heterogeneidad en las aportaciones y la capacidad económica de cada estado, resaltando el Distrito Federal como el principal aportador al crecimiento de México y el rezago de Estados como Baja California Sur, Colima, Nayarit y Tlaxcala. Además para la aplicación de este ejercicio empírico se consideró la homogeneidad a través del tiempo. La gráfica 2 presenta la tendencia que ha mantenido el país y podemos fácilmente señalar como el Distrito Federal, el Estado de México, Nuevo León y Jalisco se muestran como las Entidades con mayor aporte al crecimiento, y como han mantenido su nivel de crecimiento en los años seleccionados.

**GRÁFICA 2. Heterogeneidad en el Crecimiento del PIB respecto al tiempo México 2003-2008**

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, IMCO y CONACYT.

Esto es importante señalarlo ya que se ha considerado que las variables cambiarán entre las entidades federativas pero se mantendrán en el tiempo.

Se partió de la aplicación de una regresión MCO donde se obtuvo la siguiente regresión:

Observemos que los coeficientes se mostraron significativos y la bondad del ajuste demostrada por el coeficiente de determinación ( $r$ -cuadrado) resulta fuerte, sin embargo el  $F$  de Fisher-Snedecor para la regresión lineal se encuentra muy por encima del valor esperado, lo que puede interpretarse como azar ( $(3, 188) F= 783.56$ ), sin embargo se ha recurrido a la construcción de los datos en forma de panel para comprobar que existe relación entre las variables independientes y que se puede obtener una aproximación a la explicación del crecimiento mediante el modelo considerado.

De emplearse los modelos regresivos para datos longitudinales como los de efectos fijos y efectos aleatorios, se obtendría algo distinto a lo que se plantea en este modelo.

Lo que se busca en esta aplicación no es controlar los efectos de las variables independientes, sino los efectos en el tiempo. Para la construcción del modelo con efectos fijos en el tiempo se construyeron variables dicótomas para cada año, siendo el año base 2003.

Se presenta a continuación, tabla 3, los resultados arrojados por el programa estadístico (Stata 13). En él se aprecia que tanto la constante como las variables cuentan con t-de Student significativas, excepto por la variable que mide las externalidades (Ex), además se presentan los años 2004, 2007 y 2008 siendo no significativos (como se puede ver en los coeficientes de las variables dicótomas de los años, solo el año 2005 tiene una gran diferencia; -4.47, que afecta al crecimiento y en los demás años son diferencias muy pequeñas). Cabe señalar que se realizó una prueba de hipótesis para cada año, ya que al existir diferencias entre los años esto hace que la constante observe cambios.

**TABLA 3. Resultados del modelo de Efectos-Fijos-en el tiempo, modelo AK para México 2003-2008**

Fixed-effects (within) regression	Number of obs	=	192
Group variable: EDO	Number of groups	=	32
R-sq: within = 0.8298	Obs per group: min =		6
between = 0.9250	avg =		6.0
overall = 0.9104	max =		6
	F(8,152)	=	92.65
corr(u_i, Xb) = 0.8870	Prob > F	=	0.0000

y	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
A	341.6784	18.43294	18.54	0.000	305.2606	378.0963
k	85.72153	39.56823	2.17	0.032	7.546813	163.8963
Ex	-.0012173	.0046878	-0.26	0.795	-.010479	.0080445
_Ianio_2004	-2717794	2739485	-0.99	0.323	-8130177	2694590
_Ianio_2005	-1.46e+07	3276462	-4.47	0.000	-2.11e+07	-8163692
_Ianio_2006	-8830491	3781961	-2.33	0.021	-1.63e+07	-1358494
_Ianio_2007	-6125697	4413998	-1.39	0.167	-1.48e+07	2595011
_Ianio_2008	-9286152	5213574	-1.78	0.077	-1.96e+07	1014274
_cons	1.48e+08	5158170	28.79	0.000	1.38e+08	1.59e+08
sigma_u	1.747e+08					
sigma_e	10531407					
rho	.99638004	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(31, 152) = 183.97 Prob > F = 0.0000

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, IMCO y CONACYT.

Los resultados de la prueba de hipótesis para probar si los parámetros muestran relación entre las variables independientes y la explicada mediante la distribución de F se muestran en la tabla 4.

**TABLA 4. Prueba de Hipótesis, modelo AK (años seleccionados)**

Ho	No existen diferencias en el tiempo
2003*	F(5, 152) = 5.55 Prob>F = 0.000
2004	F(1, 152) = 0.98 Prob>F = 0.322
2005	F(1, 152) = 19.96 Prob>F = 0.000
2006	F(1, 152) = 5.45 Prob>F = 0.020
2007	F(1, 152) = 1.93 Prob>F = 0.167
2008	F(1, 152) = 3.17 Prob>F = 0.076

\*\* Ya que 2003 es el año base, este test considera todos los años.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INEGI, IMCO y CONACYT.

Al realizar la prueba de hipótesis para todos los años, obtenemos una alta significancia de que no existen diferencias en el tiempo, sin embargo, al analizar cada año independientemente se encontró que existen años en los que los valores de F no son significativos (2004 y 2007), es decir, se rechaza la hipótesis nula y se consideran los años de 2004 y 2007 como años en los que existen diferencias en el tiempo.

Se encontró que la evidencia del modelo, arrojó diferencias en el tiempo ocasionadas por variables exógenas al modelo, en un período que se consideró estable en cuanto a su nivel de crecimiento.

$$\Delta PIB \approx 1.48e_{+08} + 341.67A + 85.72K - 0.001\eta$$

$$t = (28.79) (18.54) (2.17) (-0.26)$$

Entonces, el crecimiento del PIB para México en el período analizado es explicado en gran medida por el parámetro tecnológico, es decir, la población con conocimientos de alto nivel (mínimo con estudios de nivel superior terminados) y en menor medida por la capacidad de capital con las que se cuenta. El parámetro que mide la derrama de nuevos conocimientos resultó no ser significativo, esto indica que el gasto en ciencia y tecnología por parte del Estado mexicano es muy bajo y no cumple con su papel, al no reflejarse en ninguno de los estados de la República.



## 6. Consideraciones finales

Los modelos de crecimiento económico tanto actuales como los clásicos, han sido enfocados a la búsqueda de los detonantes del crecimiento a largo plazo de la economía integral de un país, esto es, que los agentes involucrados y los mercados coexistan dentro de la fase actual del capitalismo. En la aplicación empírica para la economía mexicana, el progreso técnico ha sido señalado como un motor de crecimiento ideal, aunque con diferencias al país vecino y hegemónico, donde los avances en la informática van de la mano con ese impulso en el crecimiento. México tiene un carácter económico diverso en las formas de comportamiento de los agentes y mercados, como señala Estrada (2000). Es necesario reflexionar sobre las problemáticas socioeconómicas existentes, las altas tasas de pobreza y la desigualdad salarial en las familias mexicanas que colocan al país en una posición transitoria hacia una futura economía capitalista moderna. Así que intentar aplicaciones de los nuevos modelos de crecimiento, aún dista de encontrar cabida perfecta para explicar la realidad de economías como la nuestra.

Sin embargo, es interesante observar los resultados después del tratamiento de las datos en el experimento que atañe a este trabajo. Se concluye que para el período revisado (2003-2008), el parámetro tecnológico es determinante para explicar el crecimiento del PIB mexicano, esto es, que la proporción de población con estudios terminados de nivel superior influye de modo directo en el crecimiento económico del país. Sin embargo la asignación del presupuesto en Ciencia y Tecnología ha sido una constante en México, ha sido muy bajo, por lo que el impacto esperado en el PIB fue no significativo; representando esto una llamada de atención a la asignación del presupuesto federal y de los estados de la República.

Es pertinente señalar que futuros modelos de crecimiento que conciben las externalidades de capital humano deben estar situados y reflejar la realidad de países en desarrollo, entender la diversidad socioeconómica y el trasfondo no sólo económico que el capitalismo donde estamos inmersos conlleva. Si bien, en este ejercicio se encuentra que la población con educación superior terminada explica nivel de crecimiento del PIB mexicano, se requiere mirar otras aristas del crecimiento, siendo un ejemplo, los nichos laborales para esta población que se especializa. Este tipo de reflexiones, son importantes y no se debe olvidar que son los mismos científicos e investigadores los que retroalimentan la necesidad de contar con apoyos y quienes deben exigir mayores herramientas y conocimientos, los cuales se reflejarán en el crecimiento económico y a lo largo de distintas esferas de la sociedad.

## 7. Referencias:

Arrow, K. J. 1962. "The Economic Implications of Learning by Doing," *Review of Economic Studies*, 29 June.

Bracamontes, J. y A. Escamilla. 2008. "Convergencia absoluta y condicional en los municipios del estado de Sonora 1989-2004". *Estudios Fronterizos*, Vol. 9, número 18.

Díaz-Bautista, A. 2006. "Un Modelo de Crecimiento Económico, Instituciones, Integración Económica e Inversión Extranjera Directa de México con los Estados Unidos". *Convergencia*, mayo-agosto, año/vol. 13, número 041 Universidad Autónoma del Estado de México.

Estrada, J. 2000. "Nuevos Modelos de Crecimiento Endógeno en México". *Análisis Económico*, segundo semestre, año/vol. XV, número 032. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco.

Estrada, J. 2010. "Crisis Económica, Cambio Tecnológico y Comercio Exterior de México". *Economía: Teoría y Práctica*. Nueva Época, Número Especial, vol. 2.

Gaviria, M. 2005. "Capital Humano, Externalidades y Crecimiento Económico en Colombia". *Ensayos de Economía*, Universidad Nacional de Colombia. no. 9019. Diciembre. Medellín.

Grossman, G. y E. Helpman. 1991. "Innovation and Growth in the Global Economy". Cambridge Massachusetts, MIT Press.

Iturribarría, H. 2007. *Economías de aglomeración y externalidades del capital humano en las áreas metropolitanas de México*. Tesis de grado de doctorado, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España.

Larramona, G. 2005. "Migración y crecimiento en un modelo AK". *Estudios de Economía Aplicada*. Volumen 23-1.

Levhari, D. y D. Patinkin. 1968. "The Role of Money in a Simple Growth Model", *American Economic Review*, vol. 58, pp713-753.

Loría, E. y L. de Jesús. 2007. "Los Acervos de Capital de México. Una estimación, 1980.I.2004.IV". *El Trimestre económico*, vol. LXXIV (2), núm. 294.

Lucas, R. 1988. "On the mechanics of development planning". *Journal of Monetary Economics*, 22, 1 (jul).

Romer, P. 1986. "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 94, Oct., 1986.

Romer, P. 1990. "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, Vol. 98. No. 5. Part 2: The problem of development: A conference of the Institute for the Study of Free Enterprise Systems, Oct., 1990.

Rivas S. y F. Venegas. 2010. "Cambio tecnológico en México financiado por el gobierno: un modelo de crecimiento endógeno". *Región y Sociedad*, Vol. XXII, número 49. El Colegio de Sonora.

Rodríguez-Arana, A.. 2007. "Endogenous growth in México: The role of US economic activity and balance of payments transfers". *EconoQuantum*, vol. III, número 2.

Rubio, S. y J. Aznar. 2002. "Crecimiento sostenible y políticas medioambientales en un modelo AK con reducción de contaminantes". *Ekonomiaz* Núm. 49, 1er. Cuatrimestre.

Sala I. Martín, X. 2000. *Apuntes del crecimiento económico*. 2ª. Edición Antoni Bosch. España.

Solow, R. M. 1956. "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 70, pp. 65-96.

Vite, R.. 2008. "Crecimiento endógeno en un país menos desarrollado: el caso de firmas imitadoras". *Economía: Teoría y práctica*. Nueva Época No. 28, enero-junio. Universidad Autónoma Metropolitana.

**ARTICULOS/ARTICLES**

Gift-Giving in Society, Marriage and Its Nature in Law Enforcement in China / La donación en sociedad, el matrimonio y su naturaleza en la aplicación de la ley en China Xingan Li .....	Págs 9-26
“Impresiones en azul”. La cianotipia como agente catalizador de la mejora psicosocial y fomento de la comunicación de las personas con demencia temprana / “Impressions in blue”. The cyanotype as agent of change for the psychosocial improvement and the encouragement of social communication for people with early dementia M <sup>a</sup> del Carmen Moreno Sáez .....	Págs 27-45
Field by any means necessary: Using technology in field education / Prácticas por cualquier medio necesario: Uso de la tecnología en prácticas Jennifer Harrison, Kristen Burns, Erica Ongstad .....	Págs 47-54
El involucramiento familiar en el marco de la relación Familia-Escuela. Un análisis desde el Equipo de Gestión Escolar en una Escuela Municipal chilena / Family involvement from a school family relationship framework. An analysis from the perspective of an administrative team in a municipal school in Chile Alejandra Santana López, Taly Reininger Pollak .....	Págs 55-74
Una aproximación psicológica a la complejidad ambiental: Especificación de un modelo de estrés y resiliencia comunitaria / A psychological approach to environmental complexity: Specifying a stress model and community resilience Cruz García Lirios, Margarita Juárez Nájera, Francisco Rubén Sandoval Vázquez, José Marcos Bustos Aguayo ..	Págs 75-95
El papel de las externalidades de capital humano en un modelo de crecimiento endógeno para México / The role of human capital externalities in an endogenous growth model for Mexico Ana Beatriz Carrera Aguilar, Arturo Robles Valencia .....	Págs 97-113

**RESEÑAS/REVIEWS**

Alfonso Echazarra. (2014). La delincuencia en los barrios. Percepciones y reacciones / Crime in the neighborhoods. Perceptions and reactions (por M <sup>a</sup> Ángeles Hernández Prados) .....	Págs 115-117
Cristina de Alba Galvan. Habilidades de comunicación y promoción de conductas adaptadas de la persona con discapacidad / Communications skills and promoting adaptive behaviors in persons with disabilities (por Ana Lucía Hernández Sánchez) .....	Págs 119-120