

Brechas de ingreso, capital humano y progreso tecnológico: implicaciones para el crecimiento en México (1990-2019)

Díaz Montes Andrea Carolina¹

Resumen

El estudio examina cómo las brechas de ingreso afectan el crecimiento económico en México y cómo influyen el capital humano y el progreso tecnológico. Se emplea el modelo de crecimiento de Solow, así como modelos de crecimiento endógeno. Se plantean dos regresiones secuenciales para evaluar el impacto de estas variables en la tasa de crecimiento del PIB per cápita y se evalúan los resultados a partir del impacto de factores transitorios en el corto plazo. El estudio confirma la hipótesis planteada, destacando la importancia de abordar las brechas de ingreso, mejorar la calidad del capital humano y promover la transferencia efectiva de tecnología.

Palabras Clave: crecimiento económico, brechas de ingreso, capital humano, progreso tecnológico.

Introducción

El análisis del crecimiento económico ha sido un tema central en la economía, buscando entender los factores que impulsan la expansión sostenida de las economías a largo plazo. Uno de los enfoques clásicos para estudiar este fenómeno es el modelo de crecimiento de Solow (1956), que ha sido ampliado para incluir factores como el progreso tecnológico y el capital humano. Sin embargo, la creciente disparidad en los niveles de ingreso entre países ha llevado a una mayor atención sobre las brechas del ingreso y cómo estas pueden influir en las tasas de crecimiento económico.

Investigaciones previas han mostrado que las diferencias en el ingreso per cápita entre países pueden ser atribuibles a las distancias relativas de sus estados estacionarios de largo plazo más que a diferencias propias (que surgen de

¹ Estudiante de 6to semestre del PE en Economía de la Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Sociales y Políticas. Correo: Andrea.diaz84@uabc.edu.mx

características inherentes a los países), en los valores de largo plazo del producto por trabajador.

La hipótesis de convergencia plantea la cuestión crucial sobre si los países pobres eventualmente alcanzarán el nivel de vida de los países ricos. Para que esto ocurra, los países pobres deberían crecer a una tasa más rápida que los países ricos. Esta hipótesis encuentra respaldo en el modelo soloviano, que predice que los países convergerán hacia su estado estacionario. Sin embargo, la convergencia no ocurre de manera absoluta, ya que los países más pobres tienden a crecer a una tasa per cápita más elevada que los países ricos (Morettini, 2009).

Este proceso de convergencia puede entenderse de dos maneras: la convergencia absoluta y la condicional. La convergencia absoluta implica que los países convergen hacia un mismo nivel de ingreso per cápita a largo plazo, mientras que la convergencia condicional sugiere que un país crece más rápido cuanto más alejado esté de su propio estado estacionario. En cuanto a evidencia empírica sobre la convergencia de las economías mundiales, Barro & Sala-I-Martin (1991) encontraron que cada país parece converger hacia su propio estado estacionario, que es independiente y diferente de otras economías. Esta convergencia depende de factores como las tasas de ahorro, el crecimiento de la población y la educación.

Bajo la lógica del modelo de crecimiento de Solow (1956), se asume el estado estacionario como el país más avanzado en comparación con el analizado, que comúnmente se ejemplifica mediante el ingreso per cápita del país más avanzado.

El análisis de las brechas de ingreso y capital humano entre México y Estados Unidos proporciona una perspectiva valiosa para entender las dinámicas de crecimiento económico en México. Estados Unidos, con su alto ingreso per cápita, se considera en estado estacionario, sirviendo como referencia para evaluar el desempeño de México.

En este contexto se plantea la validación de las siguientes cuestiones, ¿Cómo afecta las brechas del ingreso al crecimiento económico en México? y ¿de qué manera influye el capital humano y el progreso tecnológico en el crecimiento económico?

La hipótesis de este trabajo sugiere que las brechas del ingreso impactan significativamente al crecimiento económico del país como lo indican las teorías. Mientras que el capital humano y el progreso tecnológico influyen de forma positiva.

El objetivo es evaluar el impacto de las brechas del ingreso per cápita, el progreso tecnológico y el capital humano en las tasas de crecimiento económico de México en comparación con Estados Unidos, así como analizar el efecto conjunto de las variables.

Marco teórico

Modelo de crecimiento de Solow

El modelo de crecimiento de Solow (1956) establece que el crecimiento económico depende de la acumulación de capital, el crecimiento de la población y el progreso tecnológico. En este modelo los países con mayor crecimiento poblacional tienden a tener menores niveles de renta per cápita. En el estado estacionario, la economía alcanza un punto donde la producción per cápita es constante, y cualquier crecimiento adicional proviene del progreso tecnológico. El modelo de Solow puede expresarse en su forma básica como:

$$\frac{Y}{L} = F\left(\frac{K}{L}\right) \text{ o } y = f(k) \quad (1)$$

donde la oferta de bienes depende del nivel de producción, que es función del stock de capital (K) y del trabajo (L).

El crecimiento económico no solo depende de la acumulación de capital, sino que hay otros factores que contribuyen a explicarlo, como por ejemplo el crecimiento poblacional y el progreso tecnológico.

En presencia de progreso tecnológico, esta función se ajusta para incluir un término de crecimiento tecnológico exógeno:

$$y = A f(K, L) \quad (2)$$

donde A representa el nivel de tecnología que explica la eficiencia del factor trabajo.

En este modelo de crecimiento, la función Cobb-Douglas simplifica el análisis del equilibrio a largo plazo (estado estacionario) y la dinámica de convergencia. Ya que esta función tiene la propiedad de rendimientos a escala constantes y tiene una elasticidad de sustitución entre el capital y el trabajo constante e igual a 1 partiremos de una función de producción tipo Cobb-Douglas donde α es la participación del capital en el producto:

$$y = A K^{\alpha} L^{1-\alpha} \quad (3)$$

La incorporación del progreso tecnológico en este modelo de crecimiento permite explicar cómo se puede lograr un crecimiento continuo en el ingreso per cápita.

Modelos de crecimiento endógeno

El modelo de crecimiento de Solow es crucial para entender el crecimiento económico, pero presenta importantes limitaciones ya que predice que a largo plazo las tasas de crecimiento de la producción y del capital por trabajador dependen del progreso tecnológico exógeno, el cual no es explicado dentro del modelo. Y en ausencia de progreso tecnológico, el modelo predice que las economías alcanzan un estado estacionario donde el crecimiento del ingreso per cápita se detiene, lo cual no se ajusta a la realidad de economías que continúan creciendo a lo largo del tiempo (Morettini, 2009).

Para superar estas limitaciones, surgieron los modelos de crecimiento endógeno, desarrollados principalmente a partir de la década de los 80. Estos modelos introducen mecanismos internos que explican el crecimiento económico continuo sin depender de factores exógenos.

El modelo de Capital Humano de Lucas (1988) enfatiza la acumulación de capital humano como motor del crecimiento. El supuesto básico del modelo dice que la función de producción depende de capital físico (K), el capital humano por trabajador (h) y la fuerza laboral efectiva (L):

$$Y_t = A K^{\alpha}_t (h_t L_t)^{1-\alpha} \quad (4)$$

Aquí el capital humano se acumula a través del tiempo que los individuos dedican a la educación y formación y el crecimiento a largo plazo puede ser sostenido por la acumulación continua de capital humano. Si la proporción del tiempo dedicado a la educación es suficiente, el capital humano crecerá continuamente llevando un crecimiento sostenido en el producto per cápita.

Por otro lado, tenemos el Modelo de Crecimiento Endógeno de Romer (1990) que endogeniza el progreso tecnológico, este modelo se centra en la idea de que el progreso tecnológico no es un factor exógeno, sino que resulta de las decisiones económicas y la inversión en investigación y desarrollo (I+D). Entonces ahora tendríamos la función de producción de la siguiente manera:

$$y = AK^{\alpha} \quad (5)$$

En este punto el progreso tecnológico (A) se compone de la siguiente manera:

$$A = \beta k^{\phi} \quad (6)$$

Donde (ϕ) son las externalidades, entendidas como la colaboración e interacción entre las personas y (β) el coeficiente de ajuste del capital a la tecnología. Aquí la tecnología es endógena al capital porque es este el que nos permite aprender.

En este estudio, se empleará el modelo de crecimiento económico ampliado de Solow, teniendo en cuenta la interacción entre el nivel tecnológico y la contribución del capital humano. Para integrar la variable del capital humano, seguiremos la propuesta de Mankiw, Romer & Weil (1992), utilizando una función de producción tipo Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^{\alpha} H_t^{\beta} (A_t L_t)^{1-\alpha-\beta} \quad (7a)$$

donde Y representa el producto interno bruto (PIB); K es el de capital agregado, H el capital humano, A la tecnología y L corresponde al agregado laboral.

El producto por unidad de trabajo eficiente es:

$$y = k^{\alpha} h^{\beta} \quad (7b)$$

La tasa de crecimiento del stock de capital físico por unidad de trabajo eficiente es:

$$\frac{\dot{k}}{k} = s_H k^{\alpha-1} h^\beta - (n + \lambda + \delta_k) \quad (8)$$

Donde s_H es la fracción de la producción asignada al capital humano, n es la tasa de crecimiento de la población, λ es la tasa de progreso tecnológico y δ_k es la tasa de depreciación del capital físico.

La tasa de crecimiento de capital humano por unidad de trabajo eficiente es:

$$\frac{\dot{h}}{h} = s_H k^\alpha h^{\beta-1} - (n + \lambda + \delta_H) \quad (9)$$

Donde δ_H es la tasa de depreciación del capital humano. El producto por unidad de trabajo eficiente en el estado estacionario es:

$$y^* = \left(\frac{s_k}{n+\lambda+\delta_k} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} \left(\frac{s_H}{n+\lambda+\delta_H} \right)^{\frac{\beta}{1-\alpha-\beta}} \quad (10)$$

Brechas de ingreso

La brecha de ingreso se refiere a la diferencia en el ingreso per cápita entre dos países. En el contexto de la teoría de convergencia, la brecha de ingreso es un factor crucial porque sugiere que los países con un mayor retraso en términos de ingreso per cápita tienen mayor potencial para crecer más rápido, siempre y cuando puedan adoptar tecnologías y políticas eficaces que los acerquen a sus estados estacionarios.

Esta concepción se encuentra en la literatura tradicional y se presenta de la siguiente forma:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \lambda + \beta(\ln y^* - \ln y) \quad (11)$$

Donde $\left(\frac{\dot{y}}{y}\right)$ representa la tasa de crecimiento del producto, (λ) el índice de progreso tecnológico y $(\ln y^* - \ln y)$ la distancia entre un país que se encuentra en estado estacionario y el país menos avanzado. Esta ecuación implica que la tasa de crecimiento

relativo de un país está en función de la distancia entre su nivel de ingreso per cápita y el nivel de ingreso per cápita de un país de referencia.

Metodología

Planteamiento del modelo

El modelo inicial propuesto es una versión de la teoría del crecimiento económico neoclásico, que considera la tasa de crecimiento del PIB per cápita $\left(\frac{\dot{y}}{y}\right)$ en función de la diferencia en logaritmos del PIB per cápita entre un país de referencia con un nivel de ingreso per cápita alto ($\ln y^*$) y el país de estudio ($\ln y$). La ecuación linealizada de este modelo se expresa como:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \lambda + \beta(\ln y^* - \ln y)$$

Para el análisis del impacto de estas variables sobre la tasa de crecimiento económico, se empleó dos regresiones secuenciales. La primera evalúa el efecto del progreso tecnológico y la brecha del ingreso en la tasa de crecimiento del PIB per cápita. Posteriormente, al observar la significancia estadística de la brecha de ingreso, se introdujo la variable capital humano como un ajuste adicional para aumentar la significancia del modelo.

Para operacionalizar este modelo en la regresión, se utilizan variables representativas del progreso tecnológico y la brecha del ingreso y el capital humano. Las ecuaciones operacionalizadas se formularon como:

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 IT_t + \beta_2 B_t + e \quad (12)$$

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 IT_t + \beta_2 B_t + \beta_3 CHM_t + e \quad (13)$$

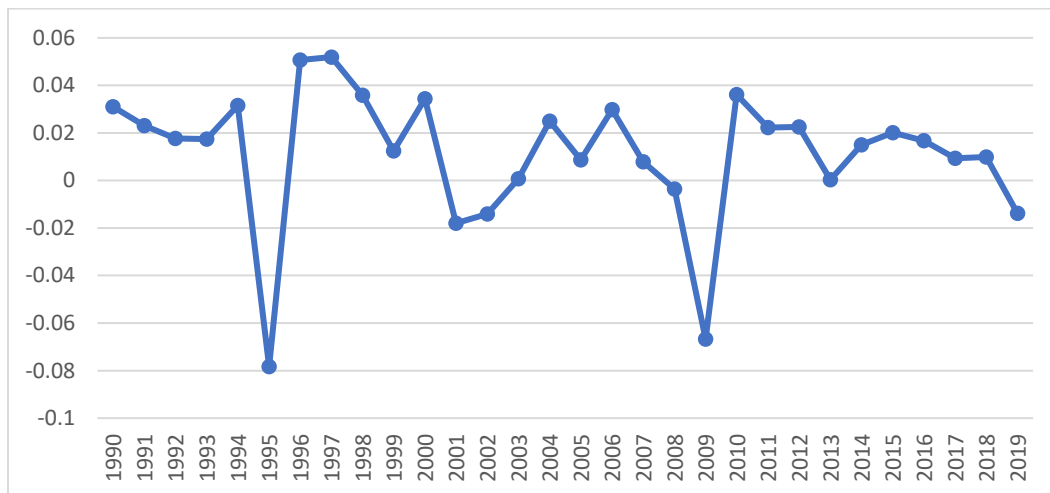
Donde T es la tasa de crecimiento del PIB per cápita, IT es el índice tecnológico, B es la brecha del ingreso entre Estados Unidos y México que representa la diferencia entre logaritmos del PIB per cápita de ambos países y CHM es el índice de capital humano.

El análisis se llevará a cabo utilizando un modelo de regresión lineal múltiple de k variables, aplicando el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) en series de tiempo.

Variables y datos

El crecimiento económico se entiende como el incremento en la producción de bienes y servicios en una economía de un periodo a otro. Para fines de esta investigación se utilizó el PIB a precios constantes del 2017 y se transformó a términos per cápita con el fin de eliminar efectos escala. Para posteriormente convertirlo al cambio porcentual anual en el nivel de producción de bienes y servicios en una economía. Los datos fueron tomados de la base de datos de Penn World Table 10.01. En la gráfica 1 se presenta el comportamiento de la tasa de crecimiento de México.

Grafica 1
Tasa de crecimiento

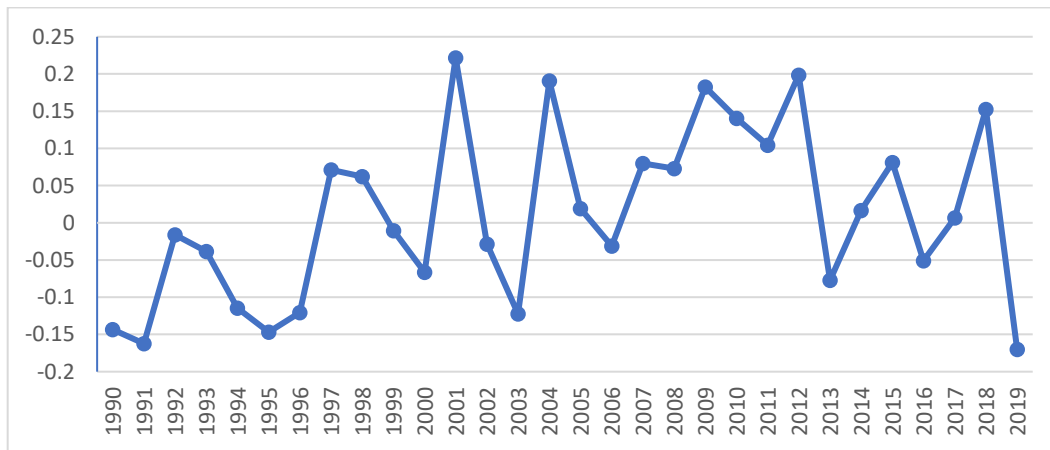


Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table.

La grafica muestra fluctuaciones en la tasa de crecimiento desde 1990 hasta 2019. La tendencia general revela periodos de crecimiento positivo intercalados con periodos de decrecimiento. En cuanto a su comportamiento específico se observa las caídas en periodos de crisis económicas que tuvieron como consecuencia ingresos per cápita menores.

La tecnología es un factor clave en el desarrollo económico de cualquier país. En este contexto, la tecnología se entiende como la aplicación organizada del conocimiento científico y otros tipos de conocimiento a tareas prácticas. El análisis del progreso tecnológico en esta investigación se centra en este factor clave, el cual, en el contexto de esta investigación, se midió como la tasa de crecimiento per cápita de las patentes, con base a los datos del Banco Mundial, ya que estas representan un indicador del nivel de innovación y desarrollo tecnológico de un país.

Grafica 2
Índice tecnológico



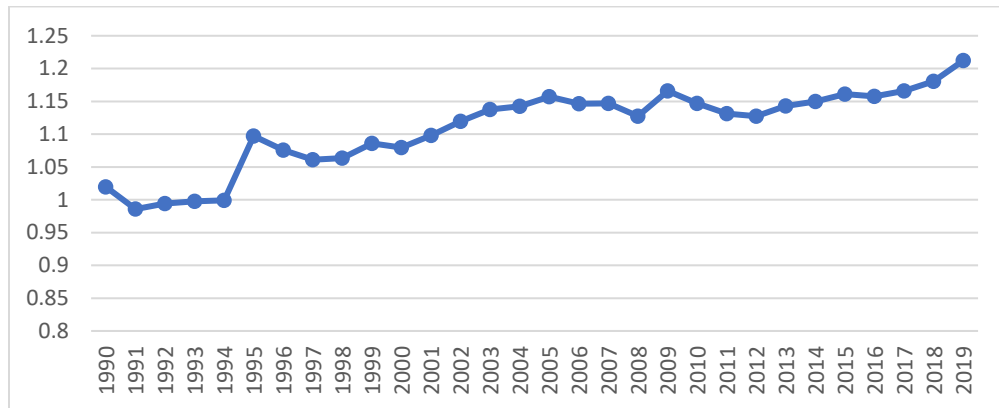
Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table.

En la gráfica 2 se puede observar que el comportamiento de esta variable refleja la interacción entre las políticas de innovación, las inversiones en capital humano y las fluctuaciones económicas. A pesar de las crisis la tendencia general muestra un avance en la capacidad tecnológica el país, sin embargo, esto no quiere decir que México tenga gran capacidad innovadora.

El capital humano se considera uno de los factores de la producción más importantes en la economía moderna. Este concepto se refiere a la suma del conocimiento, las habilidades, la formación y la experiencia de las personas que participan en un proceso productivo. Se puede entender como el valor económico derivado de la educación, la formación y la experiencia laboral de los individuos. En este caso medido con el índice de capital humano basado en años de escolaridad y

rendimiento de la educación tomado de Penn World Table. La brecha de ingreso se define como la distancia entre el país de análisis y el estado estacionario.

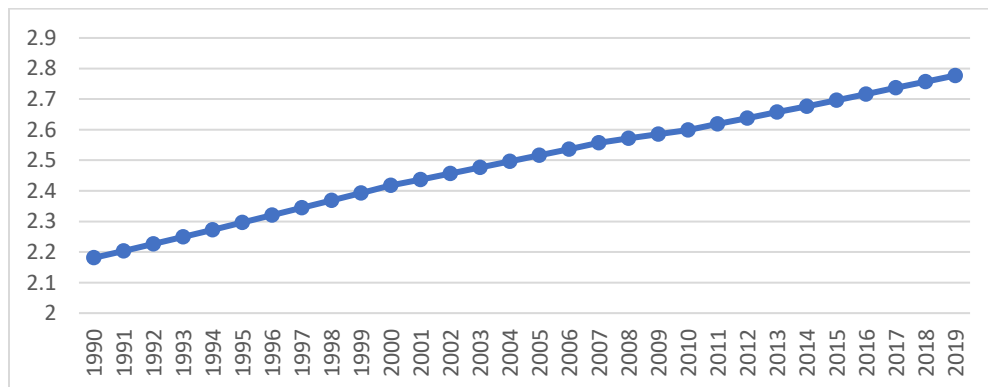
Grafica 3
Brecha de ingreso



Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table.

La tendencia general de la gráfica 3 muestra una tendencia ascendente, esto significa que la brecha de ingreso está aumentando, es decir el ingreso per cápita de México está creciendo a un ritmo más lento que el de Estados Unidos. Sin embargo, es importante relacionar estas evidencias con factores externos y eventos económicos importantes que afectan el ingreso per cápita de México.

Grafica 4
Índice de capital humano



Fuente: elaboración propia con datos de Penn World Table.

De forma general el índice de capital humano refleja el impacto de las políticas educativas y los programas de formación. La tendencia general de crecimiento sugiere

que las inversiones en educación y formación han tenido un impacto positivo. En el cuadro 1 se presenta el resumen estadístico.

Cuadro 1
Estadísticos principales, usando las observaciones 1990 – 2019

Variable	Media	Mediana	D. T.	Mín	Máy
T	0.0112	0.0171	0.0285	-0.0783	0.051
B	1.109	1.129	0.0610	0.9858	1.212
IT	0.0100	-0.0018	0.1165	-0.1699	0.222
ICH	2.493	2.506	0.1779	2.181	2.777

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Según los resultados de la regresión 1 el valor estadístico de la brecha de ingreso indica que no es estadísticamente significativa. Por lo tanto, se propone introducir el índice de capital humano para mejorar el ajuste del modelo ya que agregar esta variable puede proporcionar una mejor explicación en las tasas de crecimiento.

Cuadro 2
Regresión de convergencia

Variable	Reg 1	Reg 2
const	0.1933* (1.919)	0.2454** (2.442)
IT	0.0254 (0.534)	0.0109 (0.237)
Beta	-0.1644* (-1.810)	-0.5073** (-2.481)
ICH		0.1317* (1.853)
R²	0.1085	0.2125
Estadístico F	1.6432	2.3389
Durbin-Watson	2.1748	1.928625
VIF global	1.14	4.65
White	0.2705	0.0799

Fuente: Elaboración propia. Notas: (***) significancia al 99%, (**) significancia al 95%, (*) significancia al 90%. Entre paréntesis, el T estadístico.

Los resultados de la regresión 2 muestran una relación inversa y significativa entre la brecha del ingreso y las tasas de crecimiento durante el periodo analizado. Sin embargo, es importante señalar que este resultado debe interpretarse en el contexto de los choques aleatorios de corto plazo que pueden estar afectando las tasas de crecimiento durante este periodo específico. La lógica económica de la convergencia condicional plantea que los países con ingresos per cápita más bajos deberían crecer más rápidamente que los países con ingresos per cápita más altos, eventualmente cerrando las brechas de ingreso. Esta lógica de convergencia es la realidad teórica subyacente, respaldada por el modelo de crecimiento de Solow y otros estudios empíricos.

En el caso de México, los resultados de la regresión pueden estar reflejando el impacto de factores transitorios y choques aleatorios que han influido negativamente en las tasas de crecimiento en el corto plazo. Estos pueden incluir crisis económicas, fluctuaciones en los precios de materia prima, inestabilidad política y otros eventos que afectan temporalmente el rendimiento económico.

Por lo tanto, aunque el análisis estadístico del periodo 1990-2019 muestra una relación inversa entre la brecha de ingreso y las tasas de crecimiento, esta no debe interpretarse como una contradicción a la teoría de la convergencia. Más bien, sugiere que los efectos de convergencia pueden estar siendo ocultados por estos choques aleatorios y obstáculos estructurales que afectan el crecimiento a corto plazo. A largo plazo, y bajo condiciones estables, se esperaría que México experimente tasas de crecimiento más altas que le permitan acercarse al ingreso per cápita de Estados Unidos, conforme a la teoría de la convergencia condicional.

El coeficiente positivo del progreso tecnológico sugiere que un aumento en el índice tecnológico está asociado con un ligero aumento en la tasa de crecimiento, sin embargo no es significativo esto se debe en parte a la calidad del capital humano, ya que son las personas quienes con sus conocimientos y habilidades generan innovaciones y las utilizan. Otra clave está en que México en comparación con países

desarrollados tiene menos instituciones de investigación avanzadas y menor colaboración entre universidades y empresas para desarrollar nuevas tecnologías.

En relacion, el coeficiente positivo indica que el aumento del capital humano se asocia con un aumento en las tasas de crecimiento, esta variable no es significativa y esto se debe en parte a lo que ya se menciono, la calidad del capital humano es un factor critico ya que si el sistema educativo no esta proporcionando habilidades y conocimientos relevantes para el mercado laboral y la innovacion, entonces el incremento en los años de escolaridad no se traducira en un aumento en la productividad. Esto tambien lleva a un desajuste entre las habilidades que se enseñan en el sistema educativo y las que realmente demanda el mercado laboral. Este desajuste puede resultar en una situacion donde incluso trabajadores con mayor educacion no contribuye significativamente al crecimiento economico porque sus habilidades no son las adecuadas para las necesidades del mercado.

Conclusión

Los resultados obtenidos de las regresiones sugieren que México sufre de choques aleatorios y factores transitorios que, en el corto plazo, afectan las tasas de crecimiento, pero es importante recordar que el crecimiento económico no solo es afectado por factores exógenos, sino también por variables endógenas.

El progreso tecnológico, medido con el crecimiento de las patentes, no tiene un impacto notable en la economía de México, esto se debe a la baja intensidad de innovación en el país.

Incluso cuando hay nuevas patentes puede haber problemas en la transferencia de tecnología a la industria. Esto significa que las innovaciones no se están aplicando de manera efectiva en los procesos productivos y comerciales. La falta de mecanismos efectivos para la transferencia tecnológica puede limitar el impacto de las patentes en el crecimiento económico.

Otro factor clave es la calidad del capital humano. El impacto del progreso tecnológico depende en gran medida de la capacidad de la fuerza laboral para adoptar

y utilizar nuevas tecnologías. Si el nivel de educación y habilidades de la fuerza laboral es bajo, las empresas pueden tener dificultades para implementar tecnologías avanzadas de manera efectiva.

Todos estos factores estructurales, contextuales y desajustes limitan la capacidad del país para crecer. Por lo que podemos concluir con los hallazgos obtenidos que la hipótesis planteada se cumplió.

Referencias

- Sollow, R. (1956). A contributionnnn to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*. 70 (1), 65-94.
- Lucas, R. (1988). *On the mechanics of economic development*. Chicago: University of Chicago.
- Romer, P. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*. 98 (5), 71-102.
- Aguilera-Lizarazu, G. & Zambrano, O. (2011). *Brechas de infraestructura, crecimiento y desigualdad en los países andinos* (No. IDB-WP-291). Econstor
- Barro, R. J. y Sala-i-Martin, X. (2012). *Crecimiento económico*. España: Reverté.
- Carrera, A. y Robles, A. (2017). El papel de las externalidades de capital humano en un modelo de crecimiento endógeno para México. *Comunitania: Revista internacional de trabajo social y ciencias sociales*, (14), 97-113.
- Cermeño, R. & Llamosas, I. (2007). Convergencia del PIB per cápita de 6 países emergentes con Estados Unidos: Un análisis de cointegración. *EconoQuantum*, 4(1), 59-84.
- Chirinos, R. (2007). *Determinantes del crecimiento económico: Una revisión de la literatura existente y estimaciones*. Banco Central de Reserva del Perú.
- Destinobles, A. (2005). El modelo de Mankiw, Romer y Weil (1992) en el programa de investigación neoclásico. *Aportes*. 10, 5-31.
- Gómez, M. & Ventosa-Santaulària, D. (2009). Liberación comercial y convergencia regional del ingreso en México. *El Trimestre Económico*, 76 (301), 215-235.
- Islam, N. (1995). Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 110 (4), 1127-1170.
- Kido Cruz, A. & Kido Cruz, M. T. (2015). Modelos teóricos del capital humano y señalización: un estudio para México. *Contaduría y Administración*, 60 (4), 723-734.
- Mendoza, J. E., Polanco, M. y Torres, V. H. (2008). Desigualdad del crecimiento económico regional e innovación tecnológica en México. *Comercio Exterior*, 58 (7), 508.

- Morettini, M. (2009). *El modelo de crecimiento de Solow*. En <https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1854/1/01466.pdf>
- Picasso, S. (2023). *Crecimiento y convergencia: un análisis desde la teoría de grafos*. Serie Documentos de Trabajo; 15/23. Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económica y Administración, Universidad de la Republica, Uruguay.
- Ríos, J. & Castillo, M. (2015). Efectos de la capacidad innovadora en el crecimiento económico: Análisis comparativo entre países desarrollados y en desarrollo. *Región y Sociedad*, 27 (64), 110-138.
- Ros, J. (2001). *Diferencias internacionales en los niveles de ingreso y las tasas de crecimiento: Modelos y evidencia empírica*. Seminario sobre la Teoría del Desarrollo en los Albores del Siglo XXI: Evento Conmemorativo del Centenario del Nacimiento de don Raúl Prebisch. (agosto). CEPAL: Santiago.
- Velarde, O. & Ríos, J. (2021). *Innovar para crecer: Temas selectos para economías emergentes*. Mexicali: UABC.