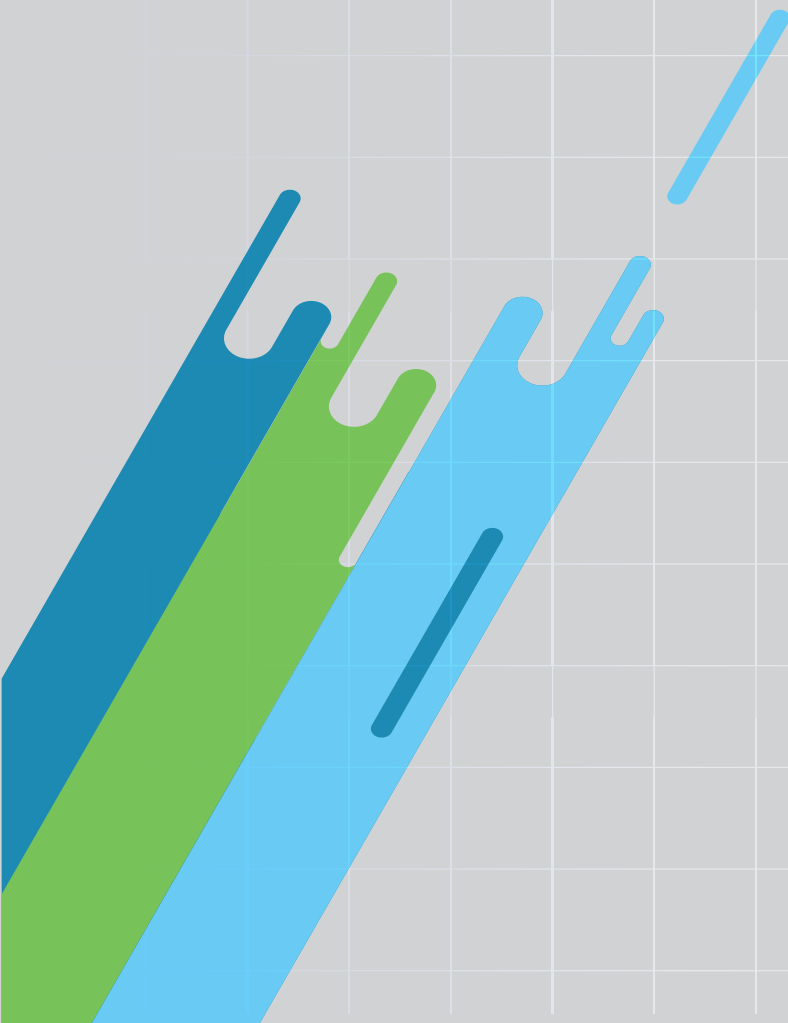


ÍNDICE DE CAPITAL HUMANO Y SU RELACIÓN CON EL PIB MEDIANTE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB-DOUGLAS



ÍNDICE DE CAPITAL HUMANO Y SU RELACIÓN CON EL PIB MEDIANTE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB-DOUGLAS *HUMAN CAPITAL INDEX AND ITS RELATIONSHIP WITH GDP THROUGH THE COBB-DOUGLAS PRODUCTION FUNCTION*

Luis Roberto Conde Pazmiño¹,
Edgar Enrique Orozco Inca²,
Guadalupe Genoveva Aimé Yungan³,
Sandra Elizabeth Guerra Orozco⁴,

¹ IST "Carlos Cisneros", Ecuador, luis.conde@istcarloscisneros.edu.ec

² IST "Carlos Cisneros", Ecuador, edgar.orocho@istcarloscisneros.edu.ec

³ IST "Carlos Cisneros", Ecuador, guadalupe.aimé@istcarloscisneros.edu.ec

⁴ IST "Carlos Cisneros", Ecuador, sandra.guerra@istcarloscisneros.edu.ec

RESUMEN

En este análisis, se realizó una regresión lineal robusta utilizando datos de series de tiempo que abarcan datos desde 1970 hasta el 2019. El objetivo fue examinar los factores que influyen en el Producto Interno Bruto (PIB) del Ecuador a lo largo de este período de tiempo. Se empleó el método de regresión lineal robusta para tener en cuenta posibles errores de heteroscedasticidad en la información. Los datos fueron obtenidos de la Penn World Table, Banco Mundial y Banco central del Ecuador, donde se obtuvo información de las dos variables independientes que son el capital y el índice de capital humano para cumplir con la función de producción de Cobb-Douglas. Los resultados revelaron que ambas variables fueron estadísticamente significativas para explicar las variaciones en el PIB del Ecuador. Específicamente, un aumento de una unidad en el capital se asoció con un aumento aproximado de 1.17 unidades en el PIB, mientras que un aumento de una unidad en el índice de capital humano se relacionó con un significativo incremento de 6.05 unidades en el PIB. El modelo obtuvo un alto valor de R-cuadrado de 0.892, lo que indica que explicó una parte significativa de la variación en el PIB. Este análisis brinda valiosas perspectivas sobre los determinantes económicos del crecimiento del PIB de Ecuador durante este período de tiempo. Los resultados demostraron que el factor humano o trabajo y la capacitación influye positivamente a la productividad del país, brindando información para la toma de decisiones de empresas y del Estado.

Palabras clave: Índice de capital humano, Crecimiento económico, Cobb-Douglas, Macroeconomía, Producción, PIB.

ABSTRACT

In this analysis, a robust linear regression was performed using time series data spanning from 1970 to 2019 with the objective of examining the factors influencing Ecuador's Gross Domestic Product (GDP) throughout this period. Robust linear regression methodology was employed to account for potential heteroscedasticity in the data. Data were obtained from the Penn World Table, the World Bank, and the Central Bank of Ecuador, providing information on the two independent variables, namely, capital and human capital index, to adhere to the Cobb-Douglas production function. The results revealed that both variables were statistically significant in explaining variations in Ecuador's GDP. Specifically, a one-unit increase in capital was associated with an approximate 1.17-unit increase in GDP, while a one-unit increase in human capital was linked to a significant increment of 6.05 units in GDP. The model achieved a high R-squared value of 0.892, indicating that it explained a substantial portion of the variance in GDP. This analysis offers valuable insights into the economic determinants of Ecuador's GDP growth during this period. The results demonstrated that human factor or labor and education positively influence the country's productivity, providing information for decision-making by both businesses and the government.

Keywords: Human capital index, Economic growth, Cobb-Douglas, Macroeconomics, Production, GDP.

Recibido: 21/09/2023

Aceptado: 27/10/2023

Received: 21/09/2023

Accepted: 27/10/2023



INSTITUTO SUPERIOR UNIVERSITARIO
CARLOS CISNEROS



PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL
ISI CARLOS CISNEROS
RIOBAMBA - ECUADOR

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país ubicado en la costa oeste de Sudamérica con una economía diversificada que incluye la producción de petróleo, productos agrícolas, textiles y manufactureros. La producción empresarial es un factor crítico en el desarrollo económico del país y es por eso que se ha decidido conocer la importancia del capital humano y el capital en la producción del país.

La presente investigación se ha llevado a cabo con el objetivo de examinar críticamente los factores que inciden en el crecimiento económico del Ecuador durante el período de 1970 a 2019. Este análisis se sustenta en una regresión lineal robusta que utiliza datos de series de tiempo, donde se consideran dos variables clave: el capital real y el índice de capital humano. La motivación detrás de este estudio radica en la necesidad de comprender los impulsores fundamentales del crecimiento económico en el contexto ecuatoriano. A través de esta investigación, se busca ofrecer una contribución significativa al aclarar la influencia del capital y el capital humano en la producción y crecimiento económico del país.

La función de producción de Cobb-Douglas, desarrollada por los economistas Charles W. Cobb y Paul H. Douglas en la década de 1920, es un concepto fundamental en la teoría económica [1]. Esta función describe la relación entre los insumos de producción y la producción resultante en un contexto de producción a largo plazo. A lo largo de los años, ha sido ampliamente utilizada para analizar y comprender el comportamiento de las empresas y la economía en su conjunto.

La función de producción de Cobb-Douglas tiene una estructura específica, que se expresa de la siguiente manera:

$$Q = A * L^{\alpha} * K^{\beta} \quad (1)$$

Donde:

Q = representa la producción

L = es el insumo de trabajo,

K = es el insumo de capital,

α y β = son los parámetros que indican la elasticidad de la producción con respecto a cada uno de estos insumos.

El término "A" representa la productividad total de los factores, que refleja la eficiencia tecnológica [2]

Esta función de producción tiene varias características clave. Es una función con rendimientos constantes a escala, lo que significa que, si se duplican todos los insumos, la producción también se duplicará. Además, muestra rendimientos marginales decrecientes para los insumos individuales, lo que sugiere que, a medida que se aumenta un insumo mientras se mantiene el otro constante, el aumento en la producción será cada vez menor [3]

La función de producción de Cobb-Douglas ha sido ampliamente utilizada en la economía para analizar diversos aspectos, como la asignación óptima de recursos, la medición de la productividad y la estimación de la elasticidad de sustitución entre el trabajo y el capital. También se ha aplicado en la modelización de mercados competitivos y en la evaluación de políticas económicas [4]

La literatura económica destaca el tamaño de la empresa como un factor importante en la determinación de su capacidad productiva y su competitividad en el mercado. Según autores como [5] el tamaño de la empresa puede ser visto como un indicador del potencial de producción y de la capacidad de asumir mayores riesgos en la inversión. Asimismo, otros estudios señalan que el tamaño de la empresa puede ser un factor determinante en la adopción de nuevas tecnologías y en la capacidad de generar economías de escala.

El concepto de productividad dentro de la teoría económica se refiere a la capacidad de un sistema económico para producir bienes y servicios de manera eficiente y efectiva. Se mide como la relación entre la producción total y los insumos utilizados para producirla, ya sea en términos de tiempo, materiales, mano de obra, entre otros [6]

La productividad es un factor clave para el crecimiento económico y el bienestar de una sociedad, ya que permite mejorar la calidad de vida de la población y aumentar la competitividad de la economía. Por lo tanto, es importante entender cómo se puede mejorar la productividad en un sistema productivo, lo que incluye la adopción de nuevas tecnologías, la formación y capacitación del personal, y la implementación de prácticas de gestión eficientes [7].

Según [8], realizaron un estudio en donde se enfocan en la aplicación de la función de producción en el contexto de la economía Boliviana, con el propósito de analizar la relación entre las variaciones en la producción y las variaciones en los factores de producción, específicamente el capital y el trabajo.

Para llevar a cabo ese análisis, utilizaron la función de producción de Cobb-Douglas. Además, realizaron un análisis económico que busca identificar las relaciones entre la formación bruta de capital fijo y la población ocupada durante un período de tiempo que abarca desde 1985 hasta 2015. Para respaldar este análisis consultaron la literatura especializada e investigaciones previas relacionadas con el tema.

Los resultados obtenidos en el estudio indicaron una relación directa y estadísticamente significativa entre la producción y los factores de producción, es decir, el capital y el trabajo. Esto significa que la función de producción de Cobb-Douglas proporciona un método efectivo para evaluar la contribución de cada uno de estos factores a la dinámica de crecimiento y al comportamiento económico de Bolivia. Estos hallazgos tuvieron implicaciones importantes para comprender cómo los cambios en la inversión en capital y la fuerza laboral impactan en la producción y, en última instancia, en el desarrollo económico del país.

Por otro lado [9], llevaron a cabo una estimación de la función de producción Cobb-Douglas, donde se emplearon dos enfoques econométricos distintos. El primero de ellos, ampliamente utilizado, se basó en un análisis de series de tiempo, mientras que el segundo utilizó datos de panel. Ambos modelos arrojaron resultados consistentes al demostrar que, en el contexto de este sector industrial (C23 que abarca la producción de productos minerales no metálicos, como cerámicas, ladrillos, vidrios y calizas, entre otros), el factor determinante para su crecimiento es el trabajo. Sin embargo, se observaron diferencias en la magnitud de los parámetros estimados por cada uno de los modelos. Estas disparidades sugieren la importancia de considerar la elección del modelo apropiado al analizar el crecimiento en este sector específico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. MÉTODO

Al analizar el impacto de las variables independientes (K y L) sobre la variable dependiente producción (Q), se utiliza la función de producción de Cobb-Douglas en su forma estocástica [10]:

$$Y_i = \beta_1 X_{2i}^{\beta_2} X_{3i}^{\beta_3} e^{u_i} \quad (2)$$

Donde

Y= producción

X2=insumo trabajo

X3=insumo capital

U=término de perturbación estocástica

e=base del logaritmo natural

Al ser un modelo con exponente para estimar el modelo econométrico por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) se debe partir de una función lineal en los parámetros, y como la función de Cobb Douglas no cumple con esta condición, se debe linealizar la ecuación aplicando logaritmos obteniendo:

$$\begin{aligned} \ln Y_i &= \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i \\ &= \beta_0 + \beta_2 \ln X_{2i} + \beta_3 \ln X_{3i} + u_i \end{aligned} \quad (3)$$

Donde $\beta_0 = \ln \beta_1$

De esta manera, el modelo se presenta con linealidad en los parámetros β_0 , β_2 y β_3 , y, en consecuencia, se clasifica como un modelo de regresión lineal. La ecuación (3) representa un modelo log-log, también conocido como modelo doble-log o log-lineal en el contexto de la regresión múltiple, siendo equivalente al modelo log-lineal con dos variables.

El parámetro β_2 representa la elasticidad parcial de la producción en relación con el factor laboral, es decir, mide el cambio porcentual en la producción resultante de un incremento del 1% en el factor laboral, manteniendo constante el factor de capital.

De manera similar, β_3 representa la elasticidad parcial de la producción en relación con el factor de capital, manteniendo constante el factor laboral.

La suma de β_2 y β_3 proporciona información acerca de los rendimientos a escala, es decir, cómo responde la producción ante cambios proporcionales en los factores de producción.

Cuando esta suma es igual a 1, implica la existencia de rendimientos constantes a escala, lo que significa que duplicar los factores de producción conlleva a una duplicación de la producción, y así sucesivamente; si es menor a 1 se reflejan rendimientos decrecientes y si es mayor a 1 rendimientos crecientes a escala.

En este modelo, se asume que la producción sigue una función de producción Cobb-Douglas, lo que significa que la producción es proporcional al producto de una función exponencial del trabajo y el capital. El uso de logaritmos permite transformar esta relación en una forma lineal, lo que facilita la estimación de los coeficientes y el análisis econométrico.

2.2. DATOS

Los datos utilizados en la elaboración de este estudio se obtuvieron de fuentes confiables, como la Penn World Table 10.01 [11] y el Banco Mundial. Estos conjuntos de datos abarcaron el período de tiempo desde 1970 hasta 2019, permitiendo una cobertura a largo plazo de la información necesaria para el análisis.

La recopilación de datos comprendió una amplia gama de variables pertinentes, las cuales fueron utilizadas para profundizar en la comprensión del crecimiento económico de Ecuador a lo largo de este intervalo temporal. Las variables son las siguientes:

Tabla 1. Variables utilizadas

Variable	Descripción
Años	Representa el período de tiempo en el que se recopilaron los datos, abarcando desde 1970 hasta 2019.
PIB	El PIB es una medida que cuantifica el valor total de la producción económica de un país en un año específico.
Índice de Capital Humano	Refleja el capital humano disponible en una sociedad y su contribución al desarrollo económico; medido en retornos a la educación y capacitación.
Stock de Capital real	Cantidad acumulada de bienes de capital, como maquinaria, equipos y estructuras, utilizados en la producción.

3. RESULTADOS

Se utilizó la ecuación de regresión (3) para poder estimar los coeficientes tanto de trabajo como de capital, pero en primer lugar se transformaron las variables PIB, Índice de capital humano y stock de capital real a logaritmos naturales; posterior a ello se realizó una regresión lineal obteniendo los resultados a un 95% de confianza:

Tabla 2. Resultados de la regresión por MCO

In_PIB	Coefi	Std err	t	P > t
In_stock	1.166523	.4086149	2.85	0.006
In_Indice	6.0533	.3540166	17.10	0.000
_cons	-9.004435	9.649567	-0.9	0.356

Para comprobar que no exista multicolinealidad se utilizó el cálculo del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 3. Resultados VIF

Variable	VIF	1/VIF
In_stock	1.15	0.865849
In_Indice	1.15	0.865849
Mean VIF	1.15	

Para comprobar que exista normalidad en los datos se utilizaron las pruebas de Skewness-Kurtosis y Shapiro-Wilk obteniendo los resultados:

Tabla 4. Pruebas de normalidad

Prueba	Prob>chi2	Prob>z
Skewness and kurtosis	0.1385	
Shapiro-Wilk		0.23987

Para conocer si el modelo no tiene problemas de heteroscedasticidad se corren dos pruebas que son el test de White y Breusch-Pagan/Cook-Weisberg obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5. Pruebas de heteroscedasticidad

Prueba	Prob>chi2
White	0.0117
Breusch-Pagan/Cook-Weisberg	0.0082

Al observar los resultados se evidencia la existencia de heteroscedasticidad por lo cual se realiza una regresión lineal robusta (GLS) para corregir este error obteniendo lo siguiente:

Tabla 6. Resultados regresión por GLS

ln_PIB	Coefi	Std err	t	P > t
ln_stock	1.166523	.3910063	2.98	0.005
ln_Indice	6.0533	.3717196	16.28	0.000
_cons	-9.004435	9.208247	-0.98	0.333

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el análisis realizado, se utilizó una regresión lineal robusta para examinar la relación entre el Producto Interno Bruto (PIB) nominal del Ecuador y dos variables independientes: el stock de capital real y el índice de capital humano, utilizando datos de series de tiempo desde 1970 hasta 2019. Los resultados de la regresión indican una relación estadísticamente significativa entre las variables. El coeficiente para el logaritmo natural del stock de capital real es de aproximadamente 1,17%, lo que sugiere que, manteniendo las demás variables constantes, un aumento en el capital real en 1% se asocia con un incremento en el PIB nominal; resultados similares a los antecedentes citados.

Asimismo, el coeficiente para el logaritmo natural del índice de capital humano es de aproximadamente 6,1%, indicando que un aumento en el índice de capital humano de 1% se relaciona con un significativo incremento en el PIB nominal.

Además, se realizó un análisis de normalidad de los residuos del modelo. Tanto el test de Shapiro-Wilk como el test de Skewness y Kurtosis no proporcionaron evidencia concluyente de una desviación significativa de la normalidad en los residuos, lo que respalda el supuesto de normalidad.

Sin embargo, se detectó heteroscedasticidad en los residuos mediante el test de White y el test de Breusch-Pagan/Cook-Weisberg. Esto indica que la varianza de los residuos no es constante a lo largo de las observaciones, lo que puede afectar las inferencias del modelo. Para abordar este problema, se utilizó una regresión robusta, que ajusta adecuadamente los errores estándar y las estadísticas asociadas, mitigando así los efectos de la heteroscedasticidad. El R-cuadrado obtenido fue

de 0.8920, lo que indica que el modelo explica aproximadamente el 89.20% de la variabilidad en la variable dependiente (PIB).

5. CONCLUSIÓN

Se puede afirmar la significativa influencia del capital humano en el crecimiento económico del país. El coeficiente para el logaritmo natural del índice de capital humano es alto, un aumento del 1% en esta variable se relaciona con un incremento estimado del 6.1% en el Producto Interno Bruto. Este resultado no solo destaca la función del trabajo en la economía, sino que también resalta la importancia de la capacitación y la educación, tanto en el ámbito escolar, medio y superior; debido a que se utilizó una variable que mide los retornos de la educación en el trabajo. Esto implica que la inversión en el desarrollo de habilidades y conocimientos de la fuerza laboral es un factor crítico para impulsar el crecimiento económico. La capacitación continua y la educación superior se convierten en pilares esenciales para el progreso económico del país. Además, esta inversión no solo beneficia a los individuos en términos de empleabilidad y mejora de sus condiciones de vida, sino que también contribuye al crecimiento generalizado de la economía.

El análisis revela la importancia del capital en el crecimiento económico. El coeficiente asociado al logaritmo natural del stock de capital indica que un aumento del 1% en este componente se asocia con un incremento del 1.17% en el PIB. Esta relación respalda la noción de que la acumulación de bienes de capital, como maquinaria y equipos, contribuye significativamente al crecimiento económico.

Estos resultados indican que tanto el capital humano (L), como el capital (K) son pilares esenciales para el crecimiento económico del Ecuador. Estos resultados ofrecen un sólido fundamento para la toma de decisiones en materia de políticas públicas enfocadas al crecimiento y la formulación de estrategias de desarrollo a largo plazo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. W. Cobb y P. H. Douglas, «A Theory of Production,» *The American Economic Review*, pp. 139-165, 1928.
- [2] H. Varian, *Análisis Microeconómico*, New York: W. W. Norton & Company, 1992.
- [3] D. Romer, *Macroeconomía avanzada*, Berkeley: University of California, 1996.
- [4] G. Mankiw y M. Taylor, *Macroeconomía*, New York: Worth Publishers, 2014.
- [5] W. Baumol, 2002. [En línea]. Available: https://econpapers.repec.org/article/pepjour/nl/v_3a7_3ay_3a2002_3ai_3a2_3ap_3a1-10.htm.
- [6] M. M. Carrillo, P. J. Betsabé y V. Ramos, «Relación entre innovación y competitividad de los emprendimientos del sector no financiero de la economía popular y solidaria,» *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, pp. 91-119, 2022.
- [7] J. Veintimilla, M. Gómez y N. Mora, «Enfoque basado en la teoría para la mejora administrativa: análisis del modelo y actividades en el desarrollo,» *Universidad de la Rioja*, pp. 44-55, 2020.
- [8] P. Feraudi Gonzales y D. Ayaviri Nina, «La función de producción Cobb Douglas y su aplicación en la economía,» *INNOVA Research Journal*, ISSN 2477-9024, pp. 70-82, 2018.
- [9] L. Pinos Luzuriaga, S. Mejía-Matute, L. Tonon Ordóñez y B. Proaño Rivera, «La función de producción Cobb-Douglas: Caso del sector C23 de fabricación de productos minerales no metálicos,» *Universidad del Azuay-Observatorio empresarial*, pp. 30-45, 2022.
- [10] D. N. Gujarati y D. . C. Porter, *Econometría*, México D.F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2010.
- [11] P. 10.01, «University of Groningen,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/?lang=en> en. [Último acceso: 2023]
- [12] C. C. Pérez Hernández, D. Gómez Hernández y G. Lara Gómez, «Determinantes de la capacidad tecnológica en América Latina: una aplicación empírica con datos de panel,» *Econ: teor. práct no.48 México ene./jun. 2018*, 2018.
- [13] A. M. Gutiérrez Villca, «DETERMINANTES DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES EN AMÉRICA DEL SUR,» *Inv. y Des. vol.19 no.2 Cochabamba dic. 2019*, 2019.
- [14] J. Quijia-Pillajo, C. Guevara-Rosero y J. Ramírez-Álvarez, «Determinantes de la Productividad Laboral para las Empresas,» *Revista Politécnica Febrero – Abril 2021, Vol. 47, No. 1*, pp. 17-26, 2021.