

# Efecto del consumo de energía y capital humano sobre el crecimiento económico: Análisis de cointegración y causalidad con datos de panel a nivel mundial.

Effect of energy consumption and human capital on economic growth: cointegration and causality analysis with world panel data.

Estefanía Lara<sup>1</sup> | Karen Iñiguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Economía, Universidad Nacional de Loja  
Loja, Ecuador

## Correspondencia

Estefanía Lara, Carrera de Economía, Universidad  
Nacional de Loja, Loja, Ecuador  
Email: estefania.lara@unl.edu.ec

## Agradecimientos

Club de Investigación de Economía (CIE)

## Fecha de recepción

Enero 2021

## Fecha de aceptación

Junio 2021

## Dirección

Bloque 100. Ciudad Universitaria Guillermo  
Falconí. Código Postal: 110150, Loja, Ecuador

## RESUMEN

Los países optan por diferentes medidas que los dirigen a una inversión eficiente de capital humano y un consumo sostenible de energía eléctrica, esperando un efecto positivo en los niveles de crecimiento económico. La investigación evalúa dicho efecto a nivel mundial. Las variables propuestas se tomaron de la base de datos de panel de Barro y Lee (2016) y del Banco Mundial (2017). Los resultados comprueban la existencia de un equilibrio a corto y largo plazo entre las variables a nivel mundial y por grupos de países. La fuerza del vector de cointegración es significativa en los países de ingresos medios bajos, bajos y extremadamente altos. Existe una causalidad unidireccional del consumo de energía al crecimiento económico, en todos los grupos de países a excepción de los países de ingresos altos y extremadamente altos. La causalidad del capital humano al crecimiento solo existe en los países de ingresos bajos. Los gobiernos deben buscar e impulsar la implementación de nuevas fuentes de generación de energía y una inversión estratégica en educación que garantice el desarrollo de los países.

**Palabras clave:** Capital Humano. Energía. Crecimiento. Datos de Panel.

**Códigos JEL:** C22. E23. J24

## ABSTRACT

Countries opt for different measures that direct them towards efficient human capital investment and sustainable electricity consumption, expecting a positive effect on economic growth levels. The research evaluates this effect at the global level. The proposed variables were taken from the panel database of Barro and Lee (2016) and World Bank (2017). The results prove the existence of a short- and long-run equilibrium between the variables at the global level and by country groups. The strength of the cointegrating vector is significant in low, low and extremely high middle-income countries. There is unidirectional causality from energy consumption to economic growth, in all country groups except for high and extremely high income countries. Human capital causality to growth exists only in low-income countries. Governments should seek and encourage the implementation of new sources of energy generation and strategic investment in education to ensure the development of countries.

**Keywords:** Emissions; Investment; Panel data; Cointegration; Causality.

**JEL codes:** Q32. Q43.

## 1 | INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico es inestable, así lo confirman los datos publicados por el Banco Mundial, en su informe denominado Perspectivas Económicas Mundiales. Asia Oriental y el Pacífico disminuirán de 6,4 % en 2017 a 6,2 % en 2018. Europa y Asia central de 3,7 % a 2,9 %. Mientras que, Asia meridional pasará a 6,9 %, con respecto al 2017 con 6,5 %. América Latina y el Caribe crecerán 2 % en 2018, lo que representa un aumento respecto del 0,9 % estimado en 2017. Oriente Medio y Norte de África pasarán de 1,8 % a 3 % en 2018. África al sur del Sahara del 2,4 % a 3,2 %. De manera general el crecimiento de la economía mundial se acercará a 3,1 %, debido a la recuperación de la inversión, las manufacturas y el comercio. Sin embargo, estos cambios se consideran como una mejora de corto plazo. En el largo plazo, la desaceleración del crecimiento potencial, pone en riesgo los avances logrados en los niveles de vida y la reducción de la pobreza en todo el mundo. Esto debido a un escaso aumento de la productividad, así como inversiones insuficientes en salud y educación. Así lo confirma el Estudio de Tendencias en Matemáticas y Ciencias realizado en 2015, los países de Oriente Medio y Norte de África obtuvieron puntajes inferiores al promedio internacional. Una parte esencial dentro del crecimiento económico es la proporción de energía usada, no obstante, esta disminuyó a un ritmo acelerado de 2,8 % en 2015, la caída más rápida desde 2010. Consecuentemente, 1000 millones de personas viven sin electricidad, según los Indicadores de Desarrollo Mundial del Banco Mundial.

Existe evidencia empírica y teórica sobre la relación entre el capital humano, el consumo de energía eléctrica y el crecimiento económico. Una de las teorías más utilizadas es la función de producción de Solow-Swan (1956). El modelo de crecimiento planteado por Robert Solow (1956) supone que la función de producción tiene rendimientos constantes. Con Solow (1956) se inicia la estructura teórica que da importancia al ser humano como componente fundamental en el desarrollo productivo de la industria y el crecimiento económico. Sin embargo, la inclusión del factor de energía en la función de producción ha sido escaso. Los modelos económicos endógenos utilizados para explicar el proceso de crecimiento, generalmente se centran en el capital y el trabajo como factores de producción y dejan a un lado el papel de la energía. Pirlogea y Cicea (2012); Di María y Valente (2008); Pittel y Rübhelke (2011) proporcionan referencias a la literatura más reciente. De igual manera Salim, Yao y Chen (2017) proporciona evidencia empírica contribuyendo de esta manera al estudio de las variables antes mencionadas.

El objetivo de esta investigación es evaluar mediante técnicas de cointegración el efecto del capital humano y el consumo de energía en el crecimiento económico a nivel mundial con datos de panel para el periodo 1970-2016. La hipótesis planteada consiste en que el nivel de capital humano y el consumo de energía eléctrica, pueden explicar el inestable crecimiento económico a nivel mundial a lo largo del periodo considerado. En general, los resultados muestran que en los grupos de países de ingresos medios bajos, bajos y extremadamente bajos, la fuerza del vector de cointegración es significativa, y en algunos países la relación es negativa. En grupos de países con ingresos altos la relación no fue contundente. La prueba de causalidad muestra una relación unidireccional desde el consumo de energía hasta el crecimiento para todos los grupos de países, excepto, el grupo de ingresos extremadamente altos. Además, en los países de bajos ingresos existe una causalidad que va desde el capital humano hasta el crecimiento económico. Estos resultados sugieren que el crecimiento económico depende del consumo de energía para todos los países, pero el capital humano, no tiene el mismo efecto.

La relevancia de esta investigación radica en la nueva clasificación de países que proponemos. Una clasificación más amplia si la compramos con la propuesta por el Banco Mundial, siendo más coherente con las diferencias de ingresos entre los países. También

cabe resaltar que el capital humano no tiene el mismo efecto para todos los grupos de países. No existe causalidad en los países de mayores ingresos. El resto de esta investigación tiene la siguiente estructura. En la segunda sección mostramos una revisión de las investigaciones previas sobre el tema. En la tercera sección, presentamos los datos y planteamos la estrategia econométrica. En la cuarta sección discutimos los resultados encontrados con la teoría y la evidencia empírica. La quinta sección contiene las conclusiones para posteriores estudios.

## 2 | REVISIÓN DE LITERATURA PREVIA

Disponemos de una extensa evidencia empírica y teórica que relaciona al crecimiento económico tanto con el capital humano como con el consumo de energía. Una de estas teorías y de hecho, la más utilizada para explicar las variaciones de estas variables es la función de producción de Solow-Swan (1956). Solow propone una estructura teórica que da importancia al ser humano como componente fundamental en el desarrollo productivo de la industria y el crecimiento económico. Sin embargo, la inclusión del factor de energía en la función de producción ha sido escaso. Los modelos económicos endógenos utilizados para explicar el proceso de crecimiento, generalmente se centran en el capital y el trabajo como factores de producción y dejan a un lado el papel de la energía. Sin embargo, Salim, Yao y Chen (2017) proporcionan evidencia empírica para el estudio de las variables mencionadas. Pirlogea y Cicea (2012); Di María y Valente (2008) y Pittel y Rübhelke (2011) de igual manera proveen referencias a la literatura más reciente.

Es así que, partimos de la gran contribución del pensamiento keynesiano en el análisis macroeconómico, este enfoque está basado en el manejo de los grandes agregados económicos y en las relaciones de causa-efecto entre los movimientos de estas dimensiones. La metodología se encuentra asociada a la ampliación de la actividad y la responsabilidad del Estado en la vida económica de los países. El comportamiento, de las variables económicas analizadas en este artículo, proporcionará información para que los gobiernos, tomen decisiones adecuadas. Esto debe conducir a la creación del ambiente propicio para el aumento de la producción, consumo, ahorro e inversión y optimizar aquellos recursos más escasos en una economía.

La evidencia empírica que respalda la relación entre el capital humano y el crecimiento económico puede dividirse en dos grupos: El primer grupo de investigaciones centra su atención en la acumulación de capital humano y su incidencia en el crecimiento económico. Zhang y Zhuang (2011) resaltan la importancia de la educación superior por encima de la primaria y secundaria en el crecimiento económico. Chang y Shi (2016) de igual manera ponen especial énfasis en el capital humano avanzado como impulsor del crecimiento. El aumento de la productividad contribuye a mejorar los rendimientos de la acumulación de capital humano e induce a los trabajadores a invertir en educación. Castelló e Hidalgo (2012) manifiestan que la educación afecta el crecimiento económico al aumentar la extensibilidad de la acumulación de capital humano más allá de la educación primaria, Shao y Yang (2014); Dissou, Didic, y Yakautsava (2016); Choi y Shin (2015) enfatizan la importancia de la transmisión del capital humano entre las generaciones para que un país crezca en el largo plazo. Ahsan y Haque (2017) sostienen que la acumulación de capital humano se considera un determinante importante en el proceso de crecimiento económico, siempre y cuando, la acumulación de capital en una economía cruce un umbral de desarrollo. En contraste Park (2006) enfoca su investigación en la ampliación de la cobertura de la educación para la acumulación del capital humano. Argumenta que una economía funcionaría mejor cuando asigna re

curso para apoyar a todos los niveles de educación, en lugar de cuando se enfoca en promover un nivel particular.

El segundo grupo de investigadores adicionan la tecnología como intermediario del capital humano y el crecimiento económico. Días y Tebaldí (2012); Davin, Gente, y Nourry (2015) señalan que la acumulación de capital humano, fomenta la creación de tecnología y el crecimiento de la producción. Abubakar, Kassim y Yusoff (2015), Breton (2015), Teixeira y Queirós (2016), Huggett y Kaplan (2016), Chang y Shi (2016) ponen especial énfasis en el capital humano avanzado como impulsor del crecimiento a través de la innovación tecnológica. En este sentido, los resultados de Schündeln y Playforth (2014) en la India sugieren que los retornos privado y social a la educación son muy diferentes y afirman que los efectos de la mala asignación de capital humano en este país fueron significativos. En esta misma línea, Guarnizo y Jumbo (2019) mostraron que existe una relación a largo plazo entre el capital humano, crecimiento económico y el desempleo solamente a nivel global y para tres grupos de países (población con ingresos medio-altos, población con ingresos extremadamente bajos y población con ingresos bajos), mientras que a corto plazo todos los grupos de países tienen cointegración. Tzeremes (2014) propone evidencia de rendimientos decrecientes del capital humano y, una relación no lineal. Sin embargo, esto no está confirmado para el caso de las economías en desarrollo. Qadri y Waheed (2014) a través de su investigación no encontraron un vínculo entre la educación y el mercado laboral y, por tanto, concluyen que su incidencia en el crecimiento económico es bastante débil.

La evidencia empírica que respalda la relación entre la energía y el crecimiento económico, muestran perspectivas diversas: por una parte, Azam, Khan, Bakhtyar y Emirullah (2015) en sus resultados publicados demuestran que existe una relación de cointegración significativa entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Al igual que los estudios de Salahuddin y Alam (2016); Gozgor, Lau, y Lu (2018) que sugieren una relación significativa entre el consumo de electricidad y el crecimiento tanto a corto como a largo plazo. Los resultados empíricos de Shahbaz, Zakaria, Shahzad, y Mahalik (2018) muestran que la relación entre el crecimiento económico y el consumo de energía es principalmente positiva para todos los países, aunque existen grandes diferencias. Los hallazgos del estudio de Adams, Klobodu y Opoku (2016) muestran que los beneficios de la energía son mayores que los costos externos que vienen con el uso de la misma. Sarwar, Chen, y Waheed (2017) confirman que los países en desarrollo dependen en gran medida del consumo de electricidad. Por otra parte, Antonakakis, Chatziantoniou y Filis (2017); Appiah (2018) revelan que los efectos del consumo de los diversos tipos de energía sobre el crecimiento económico varían de acuerdo a los grupos de países. La dinámica a largo plazo presenta una relación negativa significativa en los sectores de bajos ingresos, ingresos medios altos, altos ingresos. Shahbaz, Hoang, Mahalik, y Roubaud (2017) en sus resultados indican que solo los choques negativos al consumo de energía tienen impactos en el crecimiento económico. Tang, Tan, y Ozturk (2016). Por su parte, Alshehry y Belloumi (2015) afirman que la contribución de la energía al crecimiento no es significativa. De igual manera Kristjanpoller, Sierra, y Scavia (2018); Tugcu y Topcu (2018) sugieren una inestabilidad entre el aumento de la producción y el consumo de energía. Wolde-Rufael (2014) manifiesta la existencia de un apoyo limitado para el crecimiento impulsado por la electricidad, esto debido a que algunas economías no cumplen con los estándares de eficiencia energética. La variabilidad en los países entre energía y crecimiento puede atribuirse a las diferencias en la importancia de la energía como insumo en el crecimiento económico de cada país, la eficiencia técnica de cada país, las limitaciones de capacidad de producción de cada país y posibles externalidades negativas por el consumo de energía como emisiones de carbono. En este sentido, Tillaguango, y Loaiza (2019) ratifican que se requiere de un cambio estructural en materia energética de los países, incentivando el consumo de energías amigables con el medio

ambiente y la economía.

La presente investigación, busca examinar la relación entre las variables antes descritas, mediante estrategias econométricas y datos de fuentes oficiales que se detallan a continuación.

## 3 | DATOS Y METODOLOGÍA

### 3.1 | Fuentes estadísticas

En la presente investigación utilizamos datos del World Development Indicators del Banco Mundial (2017) y la base de Barro y Lee (2016) para 118 países, en el periodo 1960-2016. Los países y el periodo de tiempo fueron seleccionados por la disponibilidad de los datos para las variables utilizadas, esto nos permitió hacer estimaciones usando un panel de datos balanceado. La variable dependiente es el logaritmo del PIB per cápita y las variables independientes son: el logaritmo del consumo de energía y el capital humano medido como la tasa de escolaridad.

La Tabla 1 muestra los estadísticos descriptivos del logaritmo del PIB per cápita, la tasa de escolaridad, el logaritmo del consumo de energía per cápita, la media, la desviación estándar, valores mínimos y máximos y el número de observaciones a lo largo del tiempo y entre países. Las variaciones de las variables medidas por la desviación estándar, no tienen una tendencia marcada. El PBI varió más entre países que dentro de ellos. Hubo variaciones similares en la tasa de escolaridad y consumo de energía. El número de observaciones disponibles asegura que los parámetros se generalicen entre países y en el tiempo.

La Figura 1 muestra la relación entre cada variable independiente y la dependiente, para los grupos de países de ingresos extremadamente altos, altos, medios altos, medios bajos, bajos y extremadamente bajos. Como podemos observar existe una relación positiva entre las variables analizadas, para todos los grupos de países, cabe resaltar que hay una mayor dispersión de los datos para los países de ingresos bajos.

### 3.2 | Metodología

La estrategia econométrica global está diseñada para evaluar el nivel de cointegración entre el crecimiento económico, el consumo de energía y el capital humano. Estimamos un modelo de regresión básico de datos de panel. La variable dependiente es el logaritmo del PIB per cápita  $Y_{i,t}$  y las variables independientes son el logaritmo del consumo de energía  $\log(energía)_{i,t}$  y la tasa de escolaridad  $H_{i,t}$ , del país  $i = 1, \dots, 118$  del periodo  $t = 1970, \dots, 2016$ . Este modelo básico permite verificar el grado de asociación y la dirección de la relación entre las variables a nivel mundial y por grupos de países. La ecuación (1) formaliza la relación entre estas:

$$\log Y_{i,t} = (\gamma_0 + \delta_0) + \log energía_{i,t} + H_{i,t} + \theta_{i,t} \quad (1)$$

Los parámetros  $\gamma_0 + \delta_0$  capturan la variabilidad en tiempo y sección transversal. Finalmente, el parámetro  $\theta_{i,t}$  es el término de error estocástico.

Utilizamos la prueba de Hausman (1978) para elegir entre un modelo de efectos fijos o aleatorios. La prueba de Wooldridge (2002) sugiere la presencia de autocorrelación y la prueba del multiplicador de Lagrange de Breusch-Pagan muestra que el modelo tiene heterocedasticidad, en la ecuación 1.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables

Variable		Mean	Des. Est	Min	Max	Observaciones
Log Pib per cápita	Overall		1,542	0,362	11,733	N= 6490
	Between	8,437	1,447	5,203	11,193	n= 119
	Whitin		0,541	2,293	10,627	T-bar= 54,53
Log Energía	Overall		1,673	-0,693	10,911	N= 6392
	Between	7,059	1,543	3,548	9,86	n= 119
	Whitin		0,689	1,414	9,192	T-bar= 53,71
Capital humano	Overall		3,1	0,04	16,421	N= 6783
	Between	6,555	2,498	1,242	11,944	n= 119
	Whitin		1,85	0,807	12,783	T-bar= 57

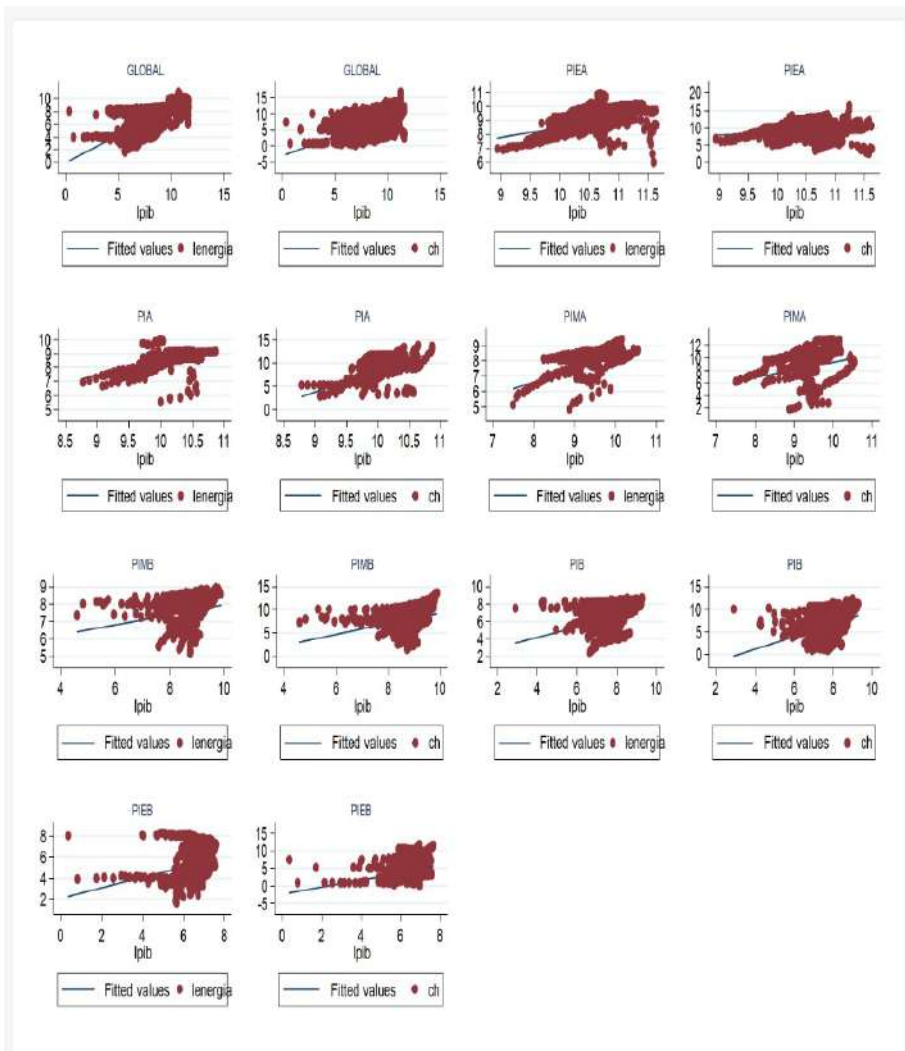


Figura 1. Relación entre consumo de energía, capital humano y crecimiento económico

Las series temporales tienen un comportamiento tendencial. Para garantizar que la serie no tenga problema de la raíz unitaria, utilizamos un conjunto de pruebas, que coinciden en que la primera diferencia elimina el efecto de tendencia de las dos variables. Las pruebas utilizadas fueron: Dickey Fuller Augmented (1981), Phillips y Perron (1988), Levine, Lin y Chu (2002), Im, Pesaran y Shin (2003), y Breitung (2002), que se pueden estimar a partir de la siguiente ecuación:

$$y_t = \alpha_0 + \lambda y_{t-1} + \alpha_1 t + \sum_{i=2}^p \beta_i y_{t-i} + \epsilon_t \quad (2)$$

Donde  $y_t$  es la serie que asumimos, contiene al menos una raíz unitaria,  $\alpha_0$  es la intersección y  $\alpha_1$  captura el efecto de tendencia del tiempo,  $\epsilon_t$  es el error gaussiano, y "p" representa la longitud del desfase. En la Ecuación (2), cuando el parámetro  $\lambda$  es significativo, se puede concluir que al menos uno de los paneles tiene una raíz unitaria. El uso de cinco pruebas diferentes asegura que las series utilizadas en las estimaciones posteriores no tienen el problema de la raíz de la unidad. La segunda etapa de la estrategia econométrica determina el equilibrio a corto y largo plazo entre las tres variables utilizando la prueba de cointegración desarrollada por Pedroni (1999), el equilibrio a largo plazo se determina con base en la siguiente ecuación

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{j=1}^{n-1} \beta_{ij} x_{ij-t-j} + \sum_{j=1}^{n-1} \omega_{ij} y_{i,t-j} + \pi_i ECT_{t-j} + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

Donde  $y_{i,t}$  representa la variable dependiente del país  $i$  en el período  $t$ . Los parámetros  $\beta$ ,  $\omega$  y  $\pi$  son los parámetros a estimar, y el término  $ECT_{t-j}$  es el vector de cointegración de equilibrio a largo plazo. Finalmente,  $\epsilon_{i,t}$  es el término de error aleatorio estacionario con media cero y es la longitud del desfase determinada con el criterio de información de Akaike (1974). Además, el equilibrio a corto plazo se determina mediante la prueba de Westerlund (2007) a partir de la siguiente ecuación:

$$y_{i,t} = \delta_i d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta_i x_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{p_i} \gamma_{ij} x_{i,t-j} + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

Donde  $t = 1, \dots, T$  los períodos de tiempo y en  $i = 1, \dots, N$  países. El término  $d_t$  es el componente determinista. Confiamos en la suposición de que el vector  $k$ -dimensional de  $x_{i,t}$  es aleatorio e independiente de  $\epsilon_{i,t}$ , por lo que se supone que estos errores son independientes a través de  $i$  y  $t$ . La hipótesis nula sugiere que no hay cointegración a corto plazo. La prueba de cointegración de Pedroni (1999) se ha utilizado ampliamente para verificar la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico Fang y Chang (2016) entre otros. Sin embargo, la prueba de cointegración a corto y largo plazo solo indica la existencia o no de un vector que se relaciona con las variables en cuestión. Además, los modelos con datos de panel ofrecen resultados que son demasiado agregados. En consecuencia, en la próxima etapa estimamos la fuerza del vector de cointegración utilizando el enfoque de Pedroni (2001) y aplicado por Neal (2014). Esta estrategia nos permite evaluar la fuerza del vector de equilibrio entre el capital humano, el consumo de energía y el producto real per cápita. Específicamente, la fortaleza de la relación entre las tres variables en cada país se estimó utilizando un modelo dinámico de mínimos cuadrados ordinarios (DOLS) y para la región como un todo o para grupos de países a través de una dinámica ordinaria del modelo de panel de mínimos cuadrados (PDOLS).

La siguiente ecuación plantea la relación entre las dos variables:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^k Y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^k X_{i,t-k} + \mu_{i,t} \quad (5)$$

Dónde  $y_{i,t}$  es el PIB per cápita  $i=1,2,\dots,118$ , países,  $t = 1,2,\dots,N$  es el tiempo,  $p = 1,2,\dots,P$  es el número de rezagos y avances en la regresión DOLS, mientras que  $\delta \log Y_{i,t} / \delta \log x_{i,t} = \delta_i$  mide el cambio en el PIB per cápita cuando cambia el capital humano y la energía. Los coeficientes y los valores  $t$  se obtienen los valores promedio en todo el panel utilizando el método de los promedios grupales. El estimador PDOLS se promedia a lo largo de la dimensión entre los grupos Neal (2014) y la hipótesis nula establece que  $\beta_i = \beta_0$ . Finalmente, en la cuarta etapa usamos la prueba formalizada por Dumitrescu Hurlin (2012) para determinar la existencia y la dirección de causalidad entre las dos variables usando la siguiente expresión:

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \gamma_i^k Y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_i^k X_{i,t-k} + \mu_{i,t} \quad (6)$$

En la Ecuación 6 asumimos que  $\beta^i = \beta^1, \dots, \beta^k$  y el término  $\alpha_i$  esta fijado en la dimensión de tiempo. El parámetro autorregresivo  $\gamma_i^k$  y el coeficiente de regresión  $\beta_i^k$  varían entre las secciones transversales. La hipótesis nula a plantea que no hay relación causal para ninguna de las secciones transversales del panel  $H_0 : \beta_i = 0$

### 3.3 | Discusión de resultados

La Tabla 2 muestra los resultados de la estimación del PIB per cápita, el consumo de energía y el capital humano a nivel mundial y por grupos de países. La prueba de Hausman (1978) muestra que todos los paneles se estimaron con efectos fijos a excepción del grupo de países con ingresos extremadamente bajos, en cuyo caso se estimó con efectos aleatorios. Los resultados obtenidos indican una relación positiva y estadísticamente significativa entre el producto per cápita y el consumo de energía para todos los grupos. Coincidiendo de esta manera con los resultados obtenidos por Fang y Chang (2016) quienes demuestran que la energía contribuye significativamente al desarrollo económico en los países de Asia y el Pacífico. Ajustándose a los estudios de Antonakakis, Chatziantoniou y Filis (2017), Appiah (2018) que sostienen que los efectos de los diversos tipos de consumo de energía sobre el crecimiento económico varían de acuerdo a los grupos de países. Sarwar, Chen, y Waheed (2017) únicamente confirman estos resultados para los países en desarrollo. En el caso del capital humano la relación no fue estadísticamente significativa para el grupo de países con ingresos altos y medios altos. Estos resultados podrían corroborar los hallazgos de Qadri y Waheed (2014) a través de su investigación concluyen que existe un vínculo entre la educación y su incidencia en el crecimiento económico bastante débil. Al igual que Ahsan y Haque (2017) sostienen que la acumulación de capital humano se considera un determinante importante en el proceso de crecimiento económico, siempre y cuando, la acumulación de capital en una economía cruce un umbral de desarrollo.

Tabla 2. Relación entre el crecimiento económico, energía y capital humano

	GLOBAL	PIEA	PIA	PIMA	PIMB	PIB	PIEB
Energía	0.479*** (60.78)	0.191*** (11.56)	0.467*** (12.27)	0.376*** (15.13)	0.236*** (9.56)	0.273*** (22.85)	0.0708*** (6.49)
Capital Humano	0.0346*** (11.08)	0.0683*** (11.89)	0.00753 (0.51)	0.00861 (1.30)	0.0645*** (7.88)	0.00784* (2.50)	0.0416*** (5.49)
Constant	5.015*** (99.80)	8.185*** (60.22)	5.734*** (21.79)	6.004*** (34.41)	7.457*** (41.59)	6.069*** (82.27)	6.121*** (94.71)
Hausman test	0	0,013	0,001	0	0	0	-152,15
Serial correlation	0,967	0,971	0,951	0,982	0,961	0,971	0,978
Fixed effects (time)	No	No	No	No	No	No	No
Fixed effects(country groups)	No	No	No	No	No	No	No
Observations	5546	1034	329	987	423	1692	1081

Nota: statistics in parentheses \* p < 0.05, \*\* p < 0.01, \*\*\* p < 0.001

La Tabla 3 muestra los resultados de la prueba de raíz unitaria del PIB per cápita, el consumo de energía, expresados en logaritmos y el capital humano, medido por la tasa de escolaridad. Los resultados fueron estimados con efectos del tiempo y sin efectos del tiempo. Las pruebas de Levine, Lin y Chu (2002); Im, Pesaran y Shin (2003); Breitung (2002) se basan en pruebas paramétricas y las pruebas Fisher de Dickey Fuller Augmented (1981); Phillips y Perron (1988) son no paramétricos, que fueron propuestos por Maddala y Wu (1999). Breitung (2002) se basa en la homogeneidad de la raíz unitaria (a través de paneles). El criterio de información Akaike (AIC) se utilizó para determinar la duración del rezago. En general, la evidencia encontrada sugiere que las dos series tienen un orden de integración I (1). Osman, Gachino, y Hoque (2016) en su investigación destacan la importancia de estas pruebas. Estas indicaron, para los países que conforman el Consejo de Cooperación para los Estados Árabes del Golfo, que las variables muestran considerable dependencia transversal, así como heterogeneidad entre los grupos y esto ha requerido la utilización de las pruebas de raíz unitaria sugieren que tienen un orden de integración I (2). En la presente investigación N=118 es mayor que T=46, por lo tanto, no debe haber ningún sesgo en las pruebas de Levine, Lin y Chu (2002); Im, Pesaran y Shin (2003), que ocurre cuando T>N.

Las series tienen un orden de integración I (1) por lo que es necesario estimar la existencia de un equilibrio a largo plazo entre las variables. Si las series están cointegradas, existe una fuerza que lleva a la serie al equilibrio en el largo plazo. La Tabla 4 muestra los resultados de la prueba de cointegración entre las variables a nivel global y por grupos para los 118 países. La prueba de Pedroni (1999) se basa en el análisis dentro de la dimensión y las estadísticas se obtienen sumando los numeradores y los denominadores a lo largo de la serie de forma independiente.

La Tabla 4 reporta los siguientes estadísticos de panel-v, panel-rho, panel-PP y panel-ADF. El primero no es paramétrico y se basa en la relación de varianzas. La prueba de cointegración de paneles heterogéneos de Pedroni (1999) muestra que existe una relación de equilibrio a nivel global entre las series. Las estadísticas ADF, PP, p-statistic y v-statistic muestran un resultado coherente entre ellas: las dos series se mueven juntas y simultáneamente en el tiempo y en la

sección transversal. Las estadísticas dentro y entre las dimensiones de los paneles, son estadísticamente significativas, en los países de ingresos extremadamente altos, esto indica la existencia de cointegración. Sin embargo, en los países de ingresos altos, medianos altos, medianos bajos, bajos y extremadamente bajos se muestra un resultado contradictorio en uno de sus estadísticos. Estos resultados son similares a las conclusiones obtenidas por Gozgor, Lau y Lu (2018), para 34 países de la OECD para el período de 1990 a 2010, encontrando una relación de largo plazo. Chang et al. (2001) exploraron las relaciones causales entre el consumo de energía y el producto para Taiwán de 1982 a 1997. Sus hallazgos mostraron que las variables estaban cointegradas y que había una interacción bidireccional entre el empleo y el consumo de energía. Además, Apergis y Payne (2012) investigaron la relación entre el consumo de energía y el crecimiento económico en 80 países entre 1990 y 2007. Los hallazgos del modelo de corrección de error del panel muestran la causalidad bidireccional entre el consumo de energía renovable y crecimiento económico tanto a corto como a largo plazo.

La existencia de una relación a largo plazo implica que las variables bajo análisis se muevan de manera conjunta y simultánea porque existe una fuerza de cointegración o un vector que las equilibra a lo largo del tiempo. Sin embargo, es muy posible que los cambios del PIB per cápita varíen inmediatamente como resultado de los cambios en el consumo de energía y el capital humano. Esta relación se puede medir a través del modelo de error vectorial de los datos del panel VECM propuesto por Westerlund (2007). La Tabla 5 muestra los resultados de esta prueba de cointegración. Las pruebas de Levine, Lin y Chu (2002); Im, Pesaran y Shin (2003); Breitung (2002) y las pruebas de Fisher de Dickey Fuller Augmented (1981); Phillips y Perron (1988) mostraron que la serie no tiene el problema de raíz unitaria. Estimamos entonces la prueba de cointegración de Westerlund. Los resultados son reportados para todo el panel y por grupos de países. Los mismos, nos permiten aceptar la hipótesis alternativa de cointegración entre las dos series analizadas. Esto indica que un cambio en el consumo de energía y el capital humano genera cambios inmediatos en el producto per cápita. La existencia de un equilibrio a corto plazo de las variables se cumple a nivel global y en todos los grupos de países porque las estadísticas son significativas al 0.1%.

Tabla 3. Pruebas de raíz unitaria en la primera diferencia

Grupo Variable		Sin efectos del tiempo					Con efecto del tiempo				
		LL	UB	IPS	ADF	PP	LL	UB	IPS	ADF	PP
Global	PIB	-39,31*	-12,10*	-40,66*	-20,25*	-40,62*	-42,28*	-14,00*	-41,99	-22,53*	-40,11*
	E	-49,10*	-10,02*	-51,85	-24,92*	-56,65*	-52,06*	-12,05*	-55,42*	-23,55*	-57,52*
	H	-3,68*	-5,03*	-15,85*	-14,40*	-12,80*	-37,86*	-23,02*	-42,46	-36,78*	-40,79*
PIEA	PIB	-20,56*	-5,51*	-19,43*	-9,86*	-18,31*	-14,85*	-7,31*	-17,17*	-7,32*	-18,23
	E	-21,60*	-3,44*	-21,29*	-10,09*	-25,06*	-20,76*	-6,05*	-23,24*	-9,35*	-25,01
	H	0,61	-2,19*	-0,38	-0,56	0,34	0,825	-1,75*	0,06	-0,09	0,86
PIA	PIB	-9,78*	-2,58*	-10,75	-6,12*	-10,10*	-9,52*	-3,58*	-11,29*	-4,94*	-10,75*
	E	-10,28*	-1,82*	-9,85*	-7,57*	-13,72*	-11,90*	-4,04*	-12,71*	-6,54*	-15,61*
	H	-0,34*	-1,13*	-1,52*	-2,12*	-1,88*	-5,97*	-2,80*	-5,18*	-4,92*	-6,84*
PIMA	PIB	-10,03*	-2,97*	-9,65*	-5,56*	-10,76*	-11,53*	-5,61*	-11,33*	-5,60*	-10,11*
	E	-15,12*	-3,17*	-14,62*	-6,35*	-14,79*	-16,04*	-3,79*	-16,14*	-5,33*	-15,56*
	H	-1,18*	-2,41*	-4,96*	-4,33*	-3,66*	-10,23*	-9,26*	-13,2	-12,44*	-12,00*
PIMB	PIB	-17,47*	-6,82*	-16,42*	-8,21*	-15,75*	-16,51*	-7,59*	-14,22*	-7,71*	-13,12*
	E	-18,68*	-3,78*	-18,55*	-10,67*	-21,99*	-20,98*	-4,52*	-21,24*	-11,16*	-22,26*
	H	-4,15*	-7,08*	-10,47*	-9,86*	-9,71*	-19,71*	-13,62*	-20,26*	-16,75*	-18,69*
PIB	PIB	-22,09*	-7,32*	-22,39*	-9,59*	-20,77*	-26,70*	-6,74*	-24,83*	-13,45*	-24,25*
	E	-27,75*	-7,64*	-30,16*	-12,49*	-31,06*	-30,39*	-8,27*	-31,11*	-13,27*	-32,23*
	H	-4,89*	-3,17*	-15,72*	-13,77*	-12,33*	-21,73*	-16,65*	-30,96*	-28,82*	-27,17*
PIEB	PIB	-13,13*	-4,10*	-17,35*	-9,48*	-20,79*	-26,53*	-5,36*	-26,79*	-9,46*	-24,92*
	E	-23,56*	-4,44*	-26,96*	-12,51*	-27,17*	-26,83*	-4,30*	-27,60*	-13,39*	-27,64*
	H	0,05	0,04	-2,06*	-1,69*	-1,35*	-4,29*	-1,83*	-5,53*	-4,32*	-6,99*

Nota: \* significancia al 1%

Tabla 4. Resultados del test de cointegración de Pedroni

	GLOBAL	PIEA	PIA	PIMA	PIMB	PIB	PIEB
<b>Dentro de las estadísticas de prueba de dimensión</b>							
Panel v-statistic	-1,45	2,80**	1,02	1,24	1,32	1,96	1,85
Panel p-statistic	-23,98***	-13,65***	-7,21**	-6,28**	-8,97**	-17,02***	-19,8**
Panel pp-statistic	-33,26***	-17,68***	-9,21**	-8,80**	-12,06**	-22,81***	-26,18***
Panel ADF-statistic	-25,97***	-13,85***	-7,98**	-8,82**	-9,21**	-18,13***	-22,37***
<b>Entre las estadísticas de prueba de dimensión</b>							
Panel p-statistic	-35,78***	-11,62**	-5,94**	-5,28**	-7,17**	-14,47***	-17,41***
Group pp-statistic	-62,80***	-18,49***	-9,48	-9,20**	-12,78**	-24,13***	-28,03***
Panel ADF-statistic	-48,46***	-13,47***	-8,12**	-9,22**	-7,76**	-16,93***	-21,68***

Nota: \*\*significancia al 1 %, \*\*\*significancia al 1 %.

Los resultados de la prueba de cointegración de Pedroni y Westerlund tienen dos limitaciones; solo muestra la existencia de un vector de cointegración, pero no reporta la fuerza del vector o el efecto individual en cada país. La Tabla 6 muestra los resultados encontrados en esta etapa de la estimación. El panel DOLS es paramétrico y constituye una opción alternativa para obtener el estimador de panel OLS totalmente modificado desarrollado por Phillips Moon (1999) y Pedroni (2001). Estimamos la fuerza del vector de cointegración de Pedroni (2001) formalizado en la Ecuación (5). Primero, reportamos los estimadores obtenidos por mínimos cuadrados dinámicos (DOLS) para los países individualmente con efectos de tiempo fijo (WT) y sin efecto de tiempo (WOT).

El PIB per cápita y el consumo de energía se expresaron en logaritmos, mientras que el capital humano está medido en tasa. Los estimadores se interpretan como elasticidad de una manera directa. Observamos que existe una relación positiva, entre el PIB per cápita el consumo de energía y el capital humano. Si el coeficiente tiende o es mayor que 1, la fuerza del vector de cointegración es contundente. Podemos apreciar esta relación en los países de ingresos medios bajos, ingresos bajos e ingresos extremadamente bajos. Es decir, tienen un vector de cointegración que indica que los cambios tanto en capital humano como en el consumo de energía tienen un impacto fuerte en el crecimiento económico de los países. Por el contrario, en los grupos de países con ingresos elevados los coeficientes no superan la unidad, pero se acercan a esta medida.

Estimamos la fuerza del vector de cointegración por grupos de países, que mostramos en la Tabla 7. Estimamos un modelo con variable dummy y otro sin variable dummy, para asegurar la consistencia de los parámetros obtenidos. Encontramos que, en el caso de la variable energía, el coeficiente es estadísticamente significativo para todos los grupos de países, excepto el de ingresos altos. En el caso

de la variable capital humano, por el contrario, resulta ser significativa solo en el grupo de países con ingresos medios altos. Los resultados sin la variable dummy enfatizan que la fuerza del vector de cointegración es más significativa en la variable energía, mientras que, para el capital humano resulta débil para todos los grupos de países, incluido el global.

Los resultados de la prueba de causalidad del tipo Granger calculada sobre la base de la prueba propuesta por Dumitrescu y Hurlin (2012) se presentan en la Tabla 8. En los países de ingresos extremadamente altos y bajos ingresos existe causalidad. Existe una relación causal bidireccional entre el crecimiento y la energía. Estos resultados son similares a los encontrados en la investigación de Paul y Bhattacharya (2004) quienes investigaron la relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento económico en India.

Al aplicar el enfoque de cointegración de Engle-Granger a los datos de la India para el período 1950-1960, encontraron una causalidad bidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico. Los resultados muestran también la causalidad unidireccional desde el consumo de energía hasta el crecimiento para todos los grupos de países, excepto, el grupo de ingresos extremadamente altos. Finalmente, en los países de bajos ingresos existe una causalidad que va desde el capital humano hasta el crecimiento económico.

Los resultados de la prueba de causalidad sugieren que el consumo de energía eléctrica es un determinante del crecimiento económico. Es un factor indispensable para la producción especialmente en el sector industrial. Partiendo de este análisis, la generación de energía eléctrica también puede ocasionar impactos negativos. Un cambio a energías renovables puede contribuir al aumento de la producción sin ocasionar daños ambientales. Mientras que en el caso del capital humano no mostró un comportamiento significativo a nivel de ingresos elevados, pero si en países con ingresos bajos.



Tabla 5 Resultados de la corrección de error de Westerlund

		Statistic	Value	Z-value	P-value
GLOBAL	Energía	Gt	-4,93	-34,82	0
		Ga	-37,15	-41,24	0
		Pt	-58,92	-41,9	0
	Cap. Hum.	Pa	-42,1	-60,28	0
		Gt	-4,89	-34,27	0
		Ga	-36,46	-40,11	0
		Pt	-59,64	-42,73	0
		Pa	-42,82	-61,59	0
		Gt	-4,81	-14,36	0
PIEA	Energía	Ga	-39,48	-19,45	0
		Pt	-23,73	-16,09	0
		Pa	-39,17	-23,73	0
	Cap. Hum.	Gt	-5,16	-16,4	0
		Ga	-40,15	-19,92	0
		Pt	-23,24	-15,53	0
		Pa	-37,41	-22,34	0
		Gt	-5,04	-10,02	0
		Ga	-37,33	-11,47	0
PIA	Energía	Pt	-13,45	-8,28	0
		Pa	-31,24	-11,19	0
		Gt	-5,21	-10,67	0
	Cap. Hum	Ga	-37,67	-11,62	0
		Pt	-14,61	-9,64	0
		Pa	-35,91	-13,54	0
		Gt	-5,02	-8,79	0
		Ga	-37,89	-10,34	0
		Pt	-11,25	-6,59	0
PIMA	Energía	Pa	-33,6	-10,91	0
		Gt	-4,96	-8,58	0
		Ga	-36,48	-9,77	0
	Cap huma	Pt	-12,02	-7,48	0
		Pa	-33,52	-10,88	0
		Gt	-4,96	-14,91	0
		Ga	-36,48	-16,93	0
		Pt	-21,29	-13,52	0
		Pa	-33,24	-18,63	0
PIMB	Energía	Gt	-4,75	-13,68	0
		Ga	-35,82	-16,48	0
		Pt	-21,81	-14,13	0
	Cap. Hum	Pa	-33,49	-18,83	0
		Gt	-4,66	-17,23	0
		Ga	-33,61	-19,58	0
		Pt	-29,01	-19,03	0
		Pa	-37,35	-28,52	0
		Gt	-4,29	-14,49	0
PIB	Energía	Ga	-29,52	-15,89	0
		Pt	-26,85	-16,51	0
		Pa	-35,13	-26,29	0
	Cap. Hum	Gt	-5,35	-17,9	0
		Ga	-40,78	-20,82	0
		Pt	-30,77	-24,04	0
		Pa	-52,7	-35,12	0
		Gt	-5,53	-18,97	0
		Ga	-43,9	-23,07	0
PIEB	Cap. Hum.	Pt	-32,44	-25,99	0
		Pa	-56,3	-38,01	0

**Tabla 6. Resultados del modelo DOLS individual para países**

PIEA					PIA					PIMA				
País	ENERGIA		CH		País	ENERGIA		CH		País	ENERGIA		CH	
	WD	WOD	WD	WOD		WD	WOD	WD	WOD		WD	WOD	WD	WOD
Alemania	0,17	0,1	-0,01	-0,01	Arabia Saudita	-0,19	-0,29	0,13	0	Eslovenia	0,09	0,11	0,07	0,05
Australia	0,053	0,16	-0,1	-0,07	Baharian	0,22	-0,2	-0,04	0,17	Gabón	0,99	0,67	1,16	0,7
Austria	0,054	0,65	-0,1	0,27	España	-0,05	0,55	0,01	0,02	Italia	0,52	0,91	-0,19	-0,09
Bélgica	0,01	0,8	-0,01	-0,22	Grecia	0,71	1,02	0,07	0,08	Malta	-0,12	0,36	-0,12	0,16
Brunei	-0,61	-0,57	-0,12	0,02	Israel	0,017	0,39	0,04	0,02	Rep. Corea	0,37	0,61	0,07	0,01
Canadá	0,03	0,39	0,01	0,07	Nueva Zelanda	-0,41	-0,52	-0,04	0,15	Rep. Checa	-0,11	0,97	0,1	0,03
Chipre	0,13	0,6	-0,01	0	Portugal	0,53	0,8	0,16	-0,09					
Dinamarca	-0,06	0,098	0,01	0,12	Reino unido	-0,16	0,53	0	-0,04					
Emiratos	0,54	0,44	0	0,01	Singapur	-0,44	0,32	-0,04	-0,02					
Estados unidos	-0,03	0,64	-0,07	-0,1										
Finlandia	0,82	0,41	-0,005	0										
Francia	0,12	0,28	-0,02	0,04										
Islandia	-0,02	-0,017	-0,041	-0,02										
Irlanda	0,79	0,79	-0,048	-0,14										
Japón	0,26	0,74	0,026	-0,05										
Kuwait	0,13	0,2	-0,023	-0,06										
Luxemburgo	0,68	0,92	-0,22	0,03										
Países bajos	0,39	0,76	-0,02	-0,1										
Noruega	0,09	0,64	0,03	0,05										
Rusia	0	0,02	0,08	-0,05										
Suecia	0,22	0,16	-0,05	-0,01										
Suiza	0,3	0,64	0,015	0										

Tabla 6. Resultados del modelo DOLS individual para países

País	PIMB				País	PIB				País	PIEB			
	ENERGIA		CH			ENERGIA		CH			ENERGIA		CH	
	WD	WOD	WD	WOD		WD	WOD	WD	WOD		WD	WOD	WD	WOD
Argentina	0,83	1,04	0,09	0,05	Albania	0,36	0,36	-0,23	-0,22	Bangladesh	-0,61	0,07	0,15	0,44
Brazil	1,3	-0,1	-0,32	-0,22	Argelia	0,5	0,46	-0,09	-0,16	Benín	0,57	-0,11	0,26	0,21
Chile	0,02	0,83	-0,56	-0,05	Armenia	3,93	5,03	3,37	3,62	Camerún	0,21	0,7	0,1	0,1
Costa Rica	-0,1	-0,12	0,23	0,09	Bolivia	1,01	0,89	-0,02	-0,08	Congo	1,35	1,64	-0,08	0,02
Croacia	0,53	0,91	-0,18	0,03	Botsuana	0,37	0,32	0,11	0,09	Gana	0,47	0,12	-0,12	-0,43
Estonia	1,42	-4,87	-0,66	-1,52	Bulgaria	1,01	0,81	-0,00	-0,01	Haití	0,22	0,01	0,27	-0,01
Hungría	3,03	0,94	0,17	0,06	China	0,43	0,15	-0,09	-0,3	India	-0,31	0,3	0,19	0,41
Irán	2,67	2,33	0,3	0,54	Colombia	0,58	0,31	0,02	0,03	Kenya	0,81	0,46	-0,03	-0,14
Letonia	0,37	-0,7	-2,29	0,03	Rep. Congo	0,07	0,02	0,17	0,53	Kirguistán	-0,33	0,08	0,51	0,3
Libia	0,36	0,02	-0,08	0,17	Costa de marfil	0,65	0,65	-0,04	0,52	Moldova	1,5	-0,32	-2,21	-1,4
Lituania	4,19	4,3	-3,6	-4,66	Cuba	1,45	1,09	-0,14	-0,16	Mozambique	-0,55	-0,52	-1,05	-0,83
Malasia	0,02	0,21	0,27	0,08	Rep dom.	0,18	0,12	0,03	-0,05	Myanmar	-0,22	0,04	0,87	0,42
México	1,18	1,25	0,17	-0,38	Ecuador	0,25	0,49	-0,12	-0,1	Nepal	-0,1	-0,19	-0,14	0,15
Panamá	1,52	1,29	0,43	-0,25	Egipto	1,59	0,7	-0,21	-0,1	Pakistán	0,38	0,31	0,15	0,01
Polonia	-3,34	-9,82	-0,47	-5,46	El salvador	1,6	1,14	-0,03	0,14	Senegal	0,57	0,22	-0,07	-0,02
Rusia	-0,14	2,33	0,22	0,23	Guatemala	0,1	0,3	0,21	0,03	Sudan	-0,02	0,29	-0,22	-0,31
Eslovaquia	5,62	-1,9	-0,06	-1,18	Honduras	-0,17	-0,02	0,29	0,09	Tajikistan	-0,25	0,34	-0,17	-0,47
Sudáfrica	-0,19	-0,33	-0,22	-0,09	Indonesia	-0,02	0,16	-0,1	0,02	Tanzania	1,45	1,26	-0,06	0,19
Trinidad y Tobago	0,89	0,41	0,45	4,41	Iraq	0,15	0,29	0,29	-1,09	Togo	0,48	-0,21	0,32	0,11
Turquía	1,22	0,08	0,27	-0,13	Jamaica	0,32	0,34	-0,29	-0,35	Vietnam	1,21	-0,06	-0,81	-0,71
Uruguay	0,91	1,75	0,29	-0,25	Jordán	0,64	0,92	-0,19	-0,03	Yemen	-0,22	-0,08	-0,2	0
					Kazajistán	1,64	0,34	-0,49	-0,78	Zambia	0,06	0,55	0,29	0,14
					Mauricio	-0,47	0,57	-0,46	-0,19	Zimbawe	0,64	-0,21	-0,13	0,01
					Mongolia	0,41	1,06	0,11	-0,16					
					Marruecos	-0,35	0,4	-0,19	0,24					
					Namibia	0,2	0,18	-0,07	-0,07					
					Nicaragua	1,34	0,56	0,07	1,3					
					Paraguay	0,55	0,53	-0,04	0,01					
					Peru	0,87	0,79	-0,12	-0,12					
					Filipinas	0,5	0,77	0,26	-0,02					
					Rumania	1,76	1,4	0,41	1,05					
					Serbia	-1,83	-4,09	-0,35	-0,61					
					Sri Lanka	0,84	0,3	-0,12	-0,1					
					Tailandia	0,01	0,48	0,1	0,04					
					Tunisia	0,21	0,3	-0,16	0,62					
					Ucrania	1,28	1,59	0,02	-0,07					

Tabla 7. Resultados del modelo PDOLS para grupos de países

Grupos	With Time Dummy				Without Time Dummy			
	Energía		Capital Humano		Energía		Capital Humano	
	$\beta_i$	t-statistics	$\beta_i$	t-statistics	$\beta_i$	t-statistics	$\beta_i$	t-statistics
GLOBAL	0,74	20,56	0,02	-1,25	0,47	26,14	-0,06	-0,49
PIEA	0,19	2,81	-0,03	-1,62	0,4	10,93	-0,009	-1,41
PIA	0,02	0,53	0,03	0,56	0,29	3,75	0,03	0,93
PIMA	0,32	3,57	0,16	2,05	0,64	10,96	0,14	1,9
PIMB	1,06	4,94	-0,26	-0,75	-0,005	7,28	-0,41	-1,74
PIB	0,61	12,21	0,04	-1,32	0,55	15,46	0,09	-0,47
PIEB	0,31	3,65	-0,09	1,2	0,2	4,87	-0,07	1,04

Nota: \*, \*\* indica el rechazo de la hipótesis nula en el nivel del 5 %, 10 % respectivamente para  $H_0: = 1$

Tabla 8. Resultados de la prueba de causalidad basada en Dumitrescu y Hurlin

Dirección causal	Grupo	W-bar	Z-bar	P-value
Crecimiento → Energía	GLOBAL	1,58	4,59	0
	PIEA	2,3	4,31	0
	PIA	0,79	-0,42	0,66
	PIMA	1,87	1,63	0,1
	PIMB	0,9	-0,29	0,76
	PIB	2,12	4,77	0
	PIEB	0,96	-0,12	0,89
	Global	0,94	-0,43	0,66
Crecimiento → CH	PIEA	0,98	-0,05	0,95
	PIA	0,77	-0,48	0,63
	PIMA	1,47	0,89	0,37
	PIMB	0,79	-0,65	0,51
	PIB	0,73	-1,11	0,26
	PIEB	1,26	0,88	0,37
	Global	2,57	12,13	0
	PIEA	0,94	-0,17	0,86
Energía → Crecimiento	PIA	1,78	1,66	0,09
	PIMA	2,57	2,95	0
	PIMB	6,11	16,56	0
	PIB	2,2	5,12	0
	PIEB	1,8	2,74	0
	Global	1,44	3,44	0
	PIEA	1,39	1,3	0,19
	PIA	0,73	-0,57	0,56
CH → Crecimiento	PIMA	0,77	-0,41	0,68
	PIMB	1,25	0,81	0,41
	PIB	2,49	6,34	0
	PIEB	0,53	-1,59	0,11

### 3.4 | Conclusiones e implicaciones de política.

Los resultados del modelo GLS muestran evidencia que comprueba el modelo planteado por Solow (1956) para los países de ingresos: extremadamente altos, medios bajos, bajos y extremadamente bajos en el caso del capital humano. Con respecto a la variable energía, la relación fue positiva para todos los países. El principal objetivo de esta investigación fue examinar la relación entre el consumo de energía, el capital humano y el producto per cápita real para 118 países durante 1970-2016 a través de técnicas de cointegración con datos de panel. A través de la prueba de cointegración de Pedroni (1999) y Westerlund (2007) verificamos la existencia de un equilibrio a largo y corto plazo entre las variables. Estimamos un modelo DOLS y PDOLS con y sin efectos de tiempo, para determinar la fuerza del vector de cointegración para cada país de manera individual y para cada grupo de países. En general, los resultados muestran que en los grupos de países de ingresos medios bajos, bajos y extremadamente bajos, la fuerza del vector de cointegración es significativa, y solo para algunos países la relación es negativa. En los grupos de países con ingresos altos la relación no fue contundente. Finalmente, la prueba de causalidad muestra una relación unidireccional desde el consumo de energía hasta el crecimiento para todos los grupos de países, excepto, el grupo de ingresos extremadamente altos y altos. Además, en los países de bajos ingresos existe una causalidad que va desde el capital humano hasta el crecimiento económico. No se evidencia el mismo comportamiento para todos los grupos. Estos resultados sugieren que en todos los países el crecimiento económico depende del consumo de energía; sin embargo, el capital humano no tiene el mismo efecto. Las implicaciones de las políticas derivadas de los resultados de esta investigación sugieren que se deben buscar nuevas fuentes de generación de energía debido a su fuerte relación con el crecimiento, las mismas que tendrían que involucrar a todos los actores sociales y económicos. El capital humano no deja de tener un papel importante en el crecimiento por lo que no solo es necesario una mayor inversión en este sector, sino más bien una inversión estratégica que garantice el desarrollo de los países. Una limitación al momento de desarrollar la investigación, fue la falta de datos para las variables en todos los países de la base de datos del Banco Mundial, fue necesario realizar una interpolación. En una extensión para futuras investigaciones, se podría prestar especial atención consumo de energías renovables, para que junto con el capital humano, se analice el impacto al crecimiento económico mundial.

### Referencias bibliográficas

- [1] Adams, S., Klobodu, E. K. M., Opoku, E. E. O. (2016). Energy consumption, political regime and economic growth in sub-Saharan Africa. *Energy Policy*, 96, 36–44.
- [2] Afzal, M., Rehman, H. U., Farooq, M. S., Sarwar, K. (2011). Education and economic growth in Pakistan: A cointegration and causality analysis. *International Journal of Educational Research*, 50(5–6), 321–335.
- [3] Ahsan, H., Haque, M. E. (2017). Threshold effects of human capital: Schooling and economic growth. *Economics Letters*, 156, 48–52.
- [4] Alshehry, A. S., Belloumi, M. (2015). Energy consumption, carbon dioxide emissions and economic growth: The case of Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*,
- [5] Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., Filis, G. (2017). Energy consumption, CO2emissions, and economic growth: An ethical dilemma. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(September 2016), 808–824.
- [6] Appiah, M. O. (2018). Investigating the multivariate Granger causality between energy consumption, economic growth and CO2emissions in Ghana. *Energy Policy*, 112(October 2017), 198–208.
- [7] Arshad, S., Munir, K. (2015). Factor Accumulation and Economic Growth in Pakistan: Incorporating Human Capital. *Munich Personal RePEc Archive*, (61160).
- [8] Asteriou, D., Agiomirgianakis, G. . (2001). Human capital and economic growth. *Journal of Policy Modeling*, 23(5), 481–489.
- [9] Astorga, P. (2010). A century of economic growth in Latin America. *Journal of Development Economics*, 92(2), 232–243.
- [10] Atems, B., Hotaling, C. (2018). The effect of renewable and nonrenewable electricity generation on economic growth. *Energy Policy*, 112(October 2017), 111–118.
- [11] Attanasio, O., Meghir, C., Nix, E., Salvati, F. (2017). Human capital growth and poverty: Evidence from Ethiopia and Peru. *Review of Economic Dynamics*, 25, 234–259.
- [12] Azam, M., Khan, A. Q., Bakhtyar, B., Emirullah, C. (2015). The causal relationship between energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 732–745.
- [13] Bakirtas, T., Akpolat, A. G. (2018). The relationship between energy consumption, urbanization, and economic growth in new emerging-market countries. *Energy*, 147, 110–121.

- [14] Birchenall, J. A. (2001). Income distribution, human capital and economic growth in Colombia. *Journal of Development Economics*, 66(1), 271-287. Breton, T. R. (2015). Human capital and growth in Japan: Converging to the steady state in a 1
- [15] Čadil, J., Petkovová, L., Blatná, D. (2014). Human Capital, Economic Structure and Growth. *Procedia Economics and Finance*, 12(March), 85-92.
- [16] Castelló-Climent, A., Hidalgo-Cabrillana, A. (2012). The role of educational quality and quantity in the process of economic development. *Economics of Education Review*, 31(4), 391-409.
- [17] Castex, G., Kogan Dechter, E. (2014). The Changing Roles of Education and Ability in Wage Determination. *Journal of Labor Economics*, 32(4), 685-710.
- [18] Chen, Y., Fang, Z. (2017). Industrial electricity consumption, human capital investment and economic growth in Chinese cities. *Economic Modelling*, (September), 1-15.
- [19] Cheng-Lang, Y., Lin, H. P., Chang, C. H. (2010). Linear and nonlinear causality between sectoral electricity consumption and economic growth: Evidence from Taiwan. *Energy Policy*, 38(11), 6570-6573.
- [20] Choi, K.-H., Shin, S. (2015). Population aging, economic growth, and the social transmission of human capital: An analysis with an overlapping generations model. *Economic Modelling*, 50, 138-147.
- [21] Conti, M., Sulis, G. (2016). Human capital, employment protection and growth in Europe. *Journal of Comparative Economics*, 44(2), 213-230.
- [22] Davin, M., Gente, K., Nourry, C. (2015). Should a country invest more in human or physical capital? *Mathematical Social Sciences*, 76, 44-52.
- [23] Delogu, M., Docquier, F., Machado, J., Beine, M., Bertoli, S., Chabé-Ferret, B., ... Toulemonde, E. (2017). Globalizing labor and the world economy: the role of human capital \*. *Journal of Economic Growth*, 1-42.
- [24] Dias, J., Tebaldi, E. (2012). Institutions, human capital, and growth: The institutional mechanism. *Structural Change and Economic Dynamics*, 23(3), 300-312.
- [25] Dissou, Y., Didic, S., Yakautsava, T. (2016). Government spending on education, human capital accumulation, and growth. *Economic Modelling*, 58, 9-21.
- [26] Eicher, T., García-Palosa, C., Ypersele, T. (2009). Education, corruption, and the distribution of income. *Journal of Economic Growth*, 14(3), 205-231.
- [27] Fadaee Khorasgani, M. (2008). Higher education development and economic growth in Iran. *Education, Business and Society: Contemporary Middle Eastern Issues*, 1(3), 162-174.
- [28] Fang, Z., Chang, Y. (2016). Energy, human capital and economic growth in Asia Pacific countries - Evidence from a panel cointegration and causality analysis. *Energy Economics*, 56, 177-184.
- [29] Faria, H. J., Montesinos-yufa, H. M., Morales, D. R., Carlos, E. (2016). Unbundling the roles of human capital and institutions in economic development. *European Journal of Political Economy*.
- [30] Fleisher, B., Li, H., Zhao, M. Q. (2010). Human capital, economic growth, and regional inequality in China. *Journal of Development Economics*, 92(2), 215-231.
- [31] Freire-Serén, M. J., Panadés i Martí, J. (2013). Tax avoidance, human capital accumulation and economic growth. *Economic Modelling*, 30(1), 22-29.
- [32] Gennaioli, N., La Porta, R., Lopez De Silanes, F., Shleifer, A. (2014). Growth in regions. *Journal of Economic Growth*, 19(3), 259-309.
- [33] Gozgor, G., Lau, C. K. M., Lu, Z. (2018). Energy consumption and economic growth: New evidence from the OECD countries. *Energy*, 153, 27-34.
- [34] Guarnizo, S., Jumbo, F. (2019). Efecto del capital humano y crecimiento económico en el desempleo a nivel global y por grupos de países. *Revista Vista Económica*, 6(1), 49-62.
- [35] Hamdi, H., Sbia, R., Shahbaz, M. (2014). The nexus between electricity consumption and economic growth in Bahrain. *Economic Modelling*, 38, 227-237.
- [36] Hanushek, E. A. (2013). Economic growth in developing countries: The role of human capital. *Economics of Education Review*, 37, 204-212.
- [37] Huggett, M., Kaplan, G. (2016). How large is the stock component of human capital? *Review of Economic Dynamics*, 22, 21-51.
- [38] Judson, R. (1998). Economic Growth and Investment in Education: How Allocation Matters. *Journal of Economic Growth*, 3(4), 337-359.

- [39] Kahouli, B. (2018). The causality link between energy electricity consumption, CO2 emissions, RD stocks and economic growth in Mediterranean countries (MCs). *Energy*, 145, 388–
- [40] Karanfil, F., Li, Y. (2015). Electricity consumption and economic growth: Exploring panel-specific differences. *Energy Policy*, 82(1), 264–277.
- [41] Kemnitz, A., Wigger, B. U. (2000). Growth and social security: the role of human capital. *European Journal of Political Economy*, 16(4), 673–683.
- [42] Kourtzidis, S. A., Tzeremes, P., Tzeremes, N. G. (2018). Re-evaluating the energy consumption-economic growth nexus for the United States: An asymmetric threshold cointegration analysis. *Energy*, 148, 537–545.
- [43] Kristjanpoller R., W., Sierra C., A., Scavia D., J. (2018). Dynamic co-movements between energy consumption and economic growth. A panel data and wavelet perspective. *Energy*
- [44] Kuhnen, C. M., Oyer, P. (2016). Exploration for Human Capital: Evidence from the MBA Labor Market. *Journal of Labor Economics*, 34(S2), S255–S286.
- [45] Lin, B., Liu, C. (2016). Why is electricity consumption inconsistent with economic growth in China? *Energy Policy*, 88, 310–316.
- [46] Mezghani, I., Ben Haddad, H. (2017). Energy consumption and economic growth: An empirical study of the electricity consumption in Saudi Arabia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75(October), 145–156.
- [47] Osman, M., Gachino, G., Hoque, A. (2016). Electricity consumption and economic growth in the GCC countries: Panel data analysis. *Energy Policy*, 98, 318–327.
- [48] Ouyang, Y., Li, P. (2018). On the nexus of financial development, economic growth, and energy consumption in China: New perspective from a GMM panel VAR approach. *Energy Economics*, 71, 238–252.
- [49] Pablo-Romero, M. del P., Sánchez-Braza, A. (2015). Productive energy use and economic growth: Energy, physical and human capital relationships. *Energy Economics*, 49, 420–429.
- [50] Park, J. (2006). Dispersion of human capital and economic growth. *Journal of Macroeconomics*, 28(3), 520–539.
- [51] Prados de la Escosura, L., Rosés, J. R. (2010). Human capital and economic growth in Spain, 1850–2000. *Explorations in Economic History*, 47(4), 520–532.
- [52] Qadri, F. S., Waheed, A. (2014). Human capital and economic growth: A macroeconomic model for Pakistan. *Economic Modelling*, 42, 66–76.
- [53] Rafindadi, A. A., Ozturk, I. (2016). Effects of financial development, economic growth and trade on electricity consumption: Evidence from post-Fukushima Japan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1073–1084.
- [54] Ramos, A., Jumbo, B. (2018). Emisiones de CO2, urbanización, consumo de energía eléctrica y capital humano, un análisis de cointegración para datos de panel a nivel mundial período 1986–2016. *Revista Vista Económica*, 5(1), 90–104.
- [55] Salahuddin, M., Alam, K. (2016). Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 76, 185–193.
- [56] Salim, R., Yao, Y., Chen, G. S. (2017). Does human capital matter for energy consumption in China? *Energy Economics*, 67, 49–59.
- [57] Sarwar, S., Chen, W., Waheed, R. (2017). Electricity consumption, oil price and economic growth: Global perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76(February 2016), 9–18.
- [58] Schündeln, M., Playforth, J. (2014). Private versus social returns to human capital: Education and economic growth in India. *European Economic Review*, 66, 266–283.
- [59] Shahbaz, M., Hoang, T. H. Van, Mahalik, M. K., Roubaud, D. (2017). Energy consumption, financial development and economic growth in India: New evidence from a nonlinear and asymmetric analysis. *Energy Economics*, 63, 199–212.
- [60] Shahbaz, M., Zakaria, M., Shahzad, S. J. H., Mahalik, M. K. (2018). The energy consumption and economic growth nexus in top ten energy-consuming countries: Fresh evidence from using the quantile-on-quantile approach. *Energy Economics*, 71, 282–301.
- [61] Shao, S., Yang, L. (2014). Natural resource dependence, human capital accumulation, and economic growth: A combined explanation for the resource curse and the resource blessing. *Energy Policy*, 74(C), 632–642.

- [62] Tang, C. F., Tan, B. W., Ozturk, I. (2016). Energy consumption and economic growth in Vietnam. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1506-1514.
- [63] Teixeira, A. A. C., Queirós, A. S. S. (2016). Economic growth, human capital and structural change: A dynamic panel data analysis. *Research Policy*, 45(8), 1636-1648.
- [64] Tillaguango, B., Loaiza, V. (2019). Efecto causal de la energía sustentable y no sustentable en el crecimiento económico: nueva evidencia empírica global por grupos de países. *Revista Vista Económica*, 6(1), 37-48.
- [65] Tugcu, C. T., Topcu, M. (2018). Total, renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: Revisiting the issue with an asymmetric point of view. *Energy*, 152, 64-
- [66] Tzeremes, N. G. (2014). The effect of human capital on countries' economic efficiency. *Economics Letters*, 124(1), 127-131.
- [67] Wolde-Rufael, Y. (2014). Electricity consumption and economic growth in transition countries: A revisit using bootstrap panel Granger causality analysis. *Energy Economics*, 44, 325-330.
- [68] Zhang, C., Zhuang, L. (2011). The composition of human capital and economic growth: Evidence from China using dynamic panel data analysis. *China Economic Review*, 22(1), 165-171.