

**UNIVERSIDAD THOMAS MORE**



**“Análisis del impacto de las fuentes de energías renovables en el desarrollo económico de los países latinoamericanos durante el periodo 2017-2020”.**

Ana Paula Altamirano Lund

Trabajo de grado presentado en cumplimiento parcial de los requisitos para optar a la  
licenciatura en Economía y Finanzas

Managua, 24 de enero del 2024

Managua, 24 de enero de 2024

Licenciada  
Irene Rojas  
Rectora  
Universidad Thomas More  
Su Despacho

Estimada Licenciada Rojas:

Tengo a bien informarle que en mi carácter de Orientador y Catedrático de la Universidad Thomas More doy por revisado y aprobado el Trabajo de Grado del alumno Ana Paula Altamirano Lund, titulado “**Análisis del impacto de las fuentes de energías renovables en el desarrollo económico de los países latinoamericanos durante el periodo 2017-2020**” que fue elaborado como requisito para optar al título de Licenciada en Economía y Finanzas.

El estudiante Altamirano Lund durante el proceso de revisión y corrección de este trabajo cumplió con todas las normas y procedimientos establecidos por la universidad para la elaboración del mismo. Sin más que agregar aprovecho la oportunidad para presentarle muestras de mi estima y consideración.

Atentamente,

---

William Mendieta, MSc.  
Tutor

---

Silvio De Franco, Ph.D.  
Autoridad Académica  
Universidad Thomas More

## Índice

|                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>AGRADECIMIENTOS</b>                                    | <b>3</b>  |
| <b>I. RESUMEN EJECUTIVO</b>                               | <b>4</b>  |
| <b>II. INTRODUCCIÓN</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b>                        | <b>6</b>  |
| A. Definición y características de la economía verde      | 6         |
| B. Relación del crecimiento económico y energía renovable | 6         |
| C. La implementación de políticas                         | 7         |
| <b>IV. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA</b>                      | <b>8</b>  |
| A. Definición del Problema                                | 8         |
| B. Justificación                                          | 9         |
| C. Pregunta de Investigación                              | 9         |
| D. Objetivos                                              | 10        |
| 1. Objetivo General                                       | 10        |
| 2. Objetivos Específicos                                  | 10        |
| E. Hipótesis                                              | 10        |
| <b>V. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN</b>                    | <b>10</b> |
| A. Metodología                                            | 10        |
| B. Estrategia de investigación                            | 13        |
| C. Instrumento de Recolección de Datos                    | 13        |
| D. Operacionalización de Variables                        | 14        |
| E. Estrategia de Análisis de Datos                        | 14        |
| <b>VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>                         | <b>15</b> |
| <b>A. Estimación y características</b>                    | <b>15</b> |
| B. Análisis de Resultados                                 | 16        |
| C. Pruebas estadísticas                                   | 18        |
| <b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                | <b>19</b> |
| A. Conclusiones                                           | 19        |
| B. Recomendaciones                                        | 20        |
| <b>VIII. ANEXOS ÍNDICE DE TABLAS</b>                      | <b>22</b> |
| <b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                     | <b>26</b> |

## Índice de tablas

|                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>VIII. ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                                                          | <b>22</b> |
| A. Tabla 1: Comparación de pruebas estadísticas entre estimaciones con efectos fijos.....   | 22        |
| B. Tabla 2: Comparación de pruebas estadísticas entre estimaciones con efectos aleatorios.. | 22        |
| C. Tabla 3: Comparación entre el uso de efectos fijos y efectos aleatorios.....             | 23        |
| D. Tabla 4: Resumen de Resultados de Estimaciones con Efectos Fijos.....                    | 23        |

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a Dios y a la Virgen María por la guía que me han brindado durante el transcurso de mis años universitarios; desde la elección de la carrera, la realización de este trabajo investigativo y todas las señales que han surgido a lo largo de estos cuatro años indicando que todo saldría bien.

Agradezco a mi familia por su apoyo en cada momento de este proceso y los intercambios de información que me permitieron tener una perspectiva diferente al iniciar la investigación; sobre todo agradezco a mi mamá por escucharme debatir cada punto que quería incluir y ayudarme a encontrar la manera de integrar las diferentes ideas, y a mis hermanas por ser mi audiencia de práctica en las semanas antes de la defensa.

A todos los profesores que han sido parte de mi vida, significando tanto para el desarrollo de la profesional que ahora soy; a los catedráticos de la Universidad Thomas More que me impulsaron a ampliar perspectivas y retarme en el proceso de aprendizaje. A mi tutor, William Mendieta, por su apoyo durante el transcurso de este trabajo y brindar la guía necesaria para dar forma a la idea que le presente en un inicio.

Gracias a todas mis amistades que estuvieron pendientes del proceso y estar siempre dispuestas a celebrar cada fase de nuestros logros; a Olga por ser la primera amistad marcando el inicio de esta etapa universitaria y a mis compañeras economistas, Belén y Escarlin, por cada momento de lágrimas y risas en todo el proceso de nuestras respectivas investigaciones.

## **I. RESUMEN EJECUTIVO**

La crisis ambiental ha traído consigo un renovado interés por la adopción de alternativas eco-amigables; se ha visto un aumento en productos de bambú como sustituto del plástico y un mayor énfasis en las tres Rs (reusar, renovar, reciclar), pero sobretudo una mayor presión en cuanto a la implementación de energías renovables a un nivel global, empresariales y familiares. Sin embargo, esto conlleva una preocupación en lo que refiere a los costos de inversión inicial y las políticas implementadas en cada país para incentivar su uso.

Este trabajo procura encontrar y analizar la relación entre el consumo de energías renovables y el crecimiento económico en Latinoamérica dentro del periodo 2017-2020, utilizando un modelo de datos de panel con variables como el Producto Interno Bruto (PIB), consumo de energías renovables y la población activa. Teniendo como objetivo principal comprender el tipo de relación que tienen estos indicadores en Latinoamérica, para así brindar las recomendaciones apropiadas dentro del contexto reflejado en los datos y en comparación con los resultados de estudios precursores.

## II. INTRODUCCIÓN

“Hemos aprendido que el crecimiento económico y la protección del medio ambiente pueden y deben ir de la mano.” - Senador Christopher Rodd.

A medida que la crisis ambiental ha tomado fuerza, también lo ha hecho la necesidad de sustituir las fuentes de energía fósiles por fuentes renovables; con la intención de mejorar la calidad de vida de la población, reducir la dependencia de un recurso escaso (el petróleo) y batallar contra el cambio climático. Sin embargo, una preocupación es el alto costo que representa la inversión inicial para la instalación de plantas (i.e: solares, hidráulicas, eólicas, entre otras) y las modificaciones al sistema eléctrico que deben realizarse para su uso.

La relación entre el consumo de energías renovables y el crecimiento económico de un país, no ha sido un tema estudiado a profundidad; y las investigaciones disponibles enfocadas en latinoamérica son escasas. Al ser un tema de creciente relevancia, es importante comprender el impacto que la inversión en energías renovables tiene en un país para que formuladores de políticas, inversionistas y empresas puedan tomar decisiones informadas.

Este estudio se enfoca en analizar la existencia de una relación entre la adopción de energías renovables y el crecimiento económico en países latinoamericanos dentro del periodo 2017-2020, para ello se tomarán en cuenta el producto interno bruto (PIB) , el consumo de energía renovable y otros indicadores relevantes de cada país.

Además, tiene el propósito de proporcionar recomendaciones que promuevan la adopción y uso de energías renovables a partir de los resultados del modelo realizado.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

Una de las preocupaciones que ha surgido a nivel internacional es la necesidad de encontrar una vía de desarrollo sostenible, siendo una de ellas la transición de energía fósil a energías renovables. De acuerdo al Reporte de Riesgos Globales realizado por el Banco Mundial, la crisis ambiental será uno de los mayores riesgos que se presenten a nivel internacional durante la próxima década, especificando: desastres naturales, pérdida de biodiversidad y colapsos de ecosistemas, fallo en moderar el cambio climático y adaptación al mismo (2023).

Por ello, han surgido discusiones acerca de los retos que presenta la transición a tecnologías sostenibles a las naciones y sí las economías en desarrollo, cómo lo son las de latinoamérica, deberían invertir en ellas.

#### **A. Definición y características de la economía verde**

La “economía verde” es una alternativa para el crecimiento y desarrollo económico capaz de mejorar el bienestar social y ambiental de un país, proponiendo que las políticas económicas deben encontrar una manera de combinar los modelos tradicionales con propuestas de desarrollo sostenibles (Söderholm, 2020).

El economista ambiental Edward Barbier presenta una serie de preocupaciones hacia las economías en desarrollo que buscan implementar una economía verde, cómo: bajo nivel de desarrollo tecnológico e inversión, instituciones y políticas inadecuadas y altos niveles de pobreza y desigualdad; declarando que para que la adopción de tecnologías verdes tenga un impacto positivo en la economía de un país, este debe ir acompañado de un cambio estructural que respalde e impulse el uso de estas tecnologías (2015).

#### **B. Relación del crecimiento económico y energía renovable**

Un estudio realizado en 2013 analizó la relación entre el crecimiento económico, las emisiones de carbono y el porcentaje de energía renovable generado en once países asiáticos en desarrollo; los resultados demostraron que la inversión necesaria para estos recursos renovables causa un impacto negativo en el crecimiento económico a corto plazo pero será

recompensado con una mejoría de la industria local, la creación de empleos, atracción inversionistas y una reducción en la vulnerabilidad del país respecto a la dependencia de petróleo a largo plazo. (Maslyuk, S.; Dharmaratna, D.)

Similarmente, Bayar y Gavriletea indican que la eficiencia energética tiene una influencia positiva en el crecimiento económico cuando está respaldado por políticas que fomenten la integración de tecnologías verdes (2019). En cuanto los autores Okumus, Guzel y Destek (2021) respaldan el resultado de que una introducción de tecnologías para la creación y uso de energías renovables en un mercado emergente presentan un impacto solamente a largo plazo.

Se puede tomar el ejemplo de Brasil, un país “energéticamente independiente” con la capacidad de producir tanto energía no-renovable cómo energía renovable. El estudio realizado por el Dr.Hsiao-Tien y el economista Hsin-Chia utiliza los datos de ambos tipo de energía (renovable y no-renovable) y el PIB real de Brasil para establecer un vínculo causal entre ellos, encontrando así la existencia de una relación positiva entre la energía renovable y el crecimiento económico. Los investigadores, además, indican que Brasil debe introducir políticas que promuevan el uso de energía renovable con el objetivo de aumentar el nivel de la misma e incrementar el nivel de competitividad frente a países desarrollados. (2013)

Una investigación publicada durante el corriente año, 2023, establece la existencia de un impacto indirecto de la energía renovable en el crecimiento económico en países ubicados en el anillo de fuego; según los economistas Hongwen, Shugang y Miao esto sucede por la relación directa que tiene la energía renovable en la formación de capital e intercambio de bienes y servicios.

### **C. La implementación de políticas**

Ntanos, S. et al explican que es necesario que las políticas de los países, independientemente de su nivel de crecimiento económico, deben implementar normas que aumenten la cantidad de energía renovable en su matriz de consumo energético. Además, sugieren que los gobiernos deben facilitar cierta ayuda financiera a los ciudadanos para que estos sean capaces de realizar la inversión de cambio a energías renovables; especialmente en

países con un nivel de desarrollo bajo, pues de lo contrario los hogares no podrán realizar la transición a tecnologías verdes (2018).

En un estudio realizado en el 2017, Caraballo y García indican que a pesar de un aumento en el nivel de inversión en energías renovables en distintos países en recientes años; esto no es suficiente sin las políticas necesarias para priorizarlas, pues el modelo económico de los países continuará estimulando el uso de la energía no-renovable sobre el uso de la alternativa verde.

En conclusión, la transición para utilizar recursos renovables como fuente primaria de energía es un proceso largo en cuanto a la planificación para su instalación y las políticas que impulsen el uso de las mismas, además del periodo de coexistencia entre energía renovable y no-renovable. Sin embargo, al transcurrir la fase de adaptación es posible iniciar a apreciar los efectos positivos que tiene en la economía de un país.

#### **IV. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA**

##### **A. Definición del Problema**

Con la creciente preocupación respecto al cambio climático y las diferentes metas que cada país ha definido con la intención de mitigar el nivel de contaminación producido, el interés en las energías renovables ha incrementado a cómo lo ha hecho la presión ciudadana para que los gobiernos no aprueben nuevas excavaciones petroleras - notablemente, la controversia detrás del Proyecto Willow a comienzos de 2023 y la aprobación del presidente Joe Biden de la misma - siendo así de suma importancia social y ambiental la transición de una matriz energética predominantemente fósil a una más sostenible.

La creación de plantas de producción de energía renovable significan un costo de oportunidad para los países siendo que para la instalación y funcionamiento de las mismas deben sacrificar espacio que podría ser urbanizado, utilizado para agricultura u otro fin productivo; puesto en perspectiva, mientras muchas ciudades han crecido “para arriba” con la

popularización de edificios departamentales, la mayoría de latinoamérica continúa funcionando bajo expansiones horizontales convirtiéndolo en un sacrificio aún mayor.

Tomando lo anterior en cuenta, es importante estudiar si la inversión y uso de energía renovable tiene un impacto positivo en el crecimiento económico, además de beneficios sociales como disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y crecimiento de oportunidades laborales, de un país para determinar la utilidad de realizar el gasto inicial en estas tecnologías. Asimismo, se resalta la posibilidad de identificar las limitaciones que los países han enfrentado en este proceso de transición e incluso identificar las áreas en las que las energías renovables han generado mayores beneficios económicos.

## **B. Justificación**

Evaluar el impacto que tienen las fuentes de energías renovable en el desarrollo económico de los países latinoamericanos es importante pues permite determinar si los recursos naturales están siendo propiamente aprovechados para la generación de energía renovable; además, que los países tengan un mayor nivel de autosuficiencia energética disminuirá la cantidad de crudo/petróleo que debe importar, potencialmente disminuyendo el nivel de importaciones.

Por otro lado, cuantificar y visualizar el impacto que la energía renovable tiene en la economía permite la posibilidad de crear recomendaciones de políticas que impulsen su instalación y uso. Asimismo, podría proporcionar un atractivo para inversionistas extranjeros y nacionales al implementar las energías renovables en las diferentes industrias de cada país.

## **C. Pregunta de Investigación**

El propósito de este trabajo investigativo es responder la siguiente interrogante:  
¿Existe una relación estadísticamente significativa entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico de los países latinoamericanos durante el periodo 2017-2020?

## D. Objetivos

### 1. *Objetivo General*

Evaluar el impacto de las fuentes de energías renovable en el desarrollo económico de los países latinoamericanos durante el periodo 2017-2020

### 2. *Objetivos Específicos*

Analizar la relación entre la inversión en energía renovable y el crecimiento económico en países latinoamericanos durante el periodo 2017-2020

## E. Hipótesis

### 1. Hipótesis 1:

- a)  $H_0$ : El consumo de energía renovable no tiene un efecto estadísticamente significativo en el crecimiento económico a largo plazo
- b)  $H_1$ : El consumo de energía renovable tiene un efecto estadísticamente significativo y positivo en el crecimiento económico a largo plazo.

## V. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

### A. Metodología

Este trabajo busca establecer la existencia de una conexión entre la energía renovable y el desarrollo económico en países latinoamericanos a través del uso de las siguientes variables explicativas: PIB anual, consumo de energía renovable, participación de fuerza laboral e inversión extranjera directa. Estas variables son definidas en la siguiente tabla:

| Variable                     | Definición                                                                                                                          | Unidad de Medida                              | Transformación | Signo Esperado |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|
| Crecimiento del PIB          | Valor de la actividad de mercado utilizando los precios del mismo (Mankiw, 2012)                                                    | Porcentaje anual                              | Ninguna        | Negativo       |
| Consumo de energía renovable | Nivel de energía proveniente de fuentes renovables utilizada                                                                        | Porcentaje del consumo total de energía final | Ninguna        | Positivo       |
| Formación Bruta de Capital   | "Medición del valor de los activos fijos adquiridos o producidos en un periodo dentro de un país"                                   | Porcentaje del PIB                            | Ninguna        | Positivo       |
| Inversión Extranjera Directa | "Las firmas extranjeras pueden influir en la productividad y crecimiento de las empresas de propiedad local" (Blomström, 1990)      | Mil millones de dólares                       | Logarítmica    | Positivo       |
| Población Activa             | Todas las personas que aportan trabajo para la producción de bienes y servicios durante un periodo específico. (Banco Mundial, s.f) | Mil millones de personas                      | Logarítmica    | Positivo       |

Fuente: Elaboración propia

La presente investigación utilizará un modelo de estimación con datos de panel; según Studenmund este es un método en el que se combinan datos de series de tiempo y datos transversales de manera en que cuando las variables se encuentran en el mismo periodo de tiempo se puedan analizar en conjunto. (2017)

Adicionalmente, Woolridge (2012) expone en el capítulo 13 de su libro "Introductory Econometrics: A modern approach" que es un método realizado a través de la selección de variables, "unidad", y el número de observaciones que se proponen estudiar de las mismas.

De acuerdo al libro "A Guide to Econometrics" los datos de panel tienen la ventaja de facilitar correcciones cuando surgen problemas de heterogeneidad, crear mayor variabilidad, aliviar problemas de multicolinealidad y analizar las dinámicas presentadas en un corto periodo de tiempo. (Kennedy, 2008). Otra ventaja de los datos de panel es que la información extraída al analizar los resultados resultan en una explicación más profunda, siendo así ideal

para responder preguntas analíticas; esto le brinda una mayor utilidad a los responsables de formulación de políticas. (Studenmund, 2017).

Es importante notar que existen dos tipos de datos de panel: con efectos fijos y con efectos aleatorios. La aplicación de “efectos fijos” supone que los efectos omitidos de un modelo tienen una correlación con las variables; sin embargo, si los términos de error están correlacionados, entonces el uso de efectos fijos no es el indicado. Por otro lado, los efectos aleatorios son utilizados cuando los términos de error no están correlacionados con los regresores y puede incluir variables que sean invariantes en el tiempo (por ejemplo, países o años), las cuáles son absorbidas por el intercepto cuando se utilizan efectos fijos. Es necesario crear un modelo para cada efecto para aplicar el test de Hausman, el cuál prueba si los términos de error están correlacionados a su regresor o no; si lo están, el test mostrará que se debe utilizar efectos fijos y si no, efectos flexibles. (Al Amin y Qin, 2023)

La fórmula con la que se estará trabajando es la siguiente:

$$Y_{it} = X_{it}\beta_i + \varepsilon_{it}$$

Dónde

$$Y_i = \{n \text{ países}, t \text{ observaciones}\}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$t = 1, 2, \dots, T$$

$$X = \text{variables explicativas}$$

$$\beta = \text{parámetros}$$

$$\varepsilon = \text{residuos}$$

## **B. Estrategia de investigación**

Para analizar el impacto de la energía renovable en el crecimiento económico se utilizarán los datos correspondientes al PIB, consumo de energía renovable, formación de capital, participación de fuerza laboral e inversión extranjera directa. Todos los datos utilizados para este estudio se encuentran dentro del período 2017-2020 y fueron extraídos de la página web del Banco Mundial (BM).

## **C. Instrumento de Recolección de Datos**

Este trabajo es de carácter cuantitativo y no experimental, será elaborado mediante el uso de datos secundarios provenientes del sitio web del Banco Mundial (BM); se utilizará esta página como fuente principal, al ser una base de datos confiable y completa en cuanto a la información necesaria de los diferentes países latinoamericanos a estudiar.

Los datos de cada variable pueden ser encontrados en las siguientes secciones del sitio web del Banco Mundial:

- a. Cambio Climático
  - i. Indicador: Consumo de energía renovable (% del consumo total de energía final)
- b. Economía y Crecimiento
  - i. Indicador: Crecimiento del PIB (% anual)
  - ii. Indicador: Formación bruta de capital (% del PIB)
  - iii. Indicador: Inversión extranjera directa, entrada neta de capital (balanza de pagos, US\$ a precios actuales)
- c. Educación
  - i. Indicador: Población activa, total

#### **D. Operacionalización de Variables**

Los datos tienen una periodicidad anual, y abarcan desde enero del 2017 hasta enero del 2020, contando así con un total de 76 observaciones para el periodo establecido. Para la estructuración del modelo y su análisis, se realizaron transformaron dos variables:

- Inversión Extranjera Directa, originalmente expresada en mil millones de dólares, le fue aplicada logaritmo para su estandarización.
- Población Activa, originalmente expresada en mil millones de personas, le fue aplicada logaritmo para su estandarización.

Siendo que este trabajo procura conocer la relación entre el crecimiento económico de países latinoamericanos con respecto a su consumo de energía renovable, la variable dependiente - o endógena - de este estudio es la siguiente:

- Crecimiento del Producto Interno Bruto, definido cómo la medición de valor de la actividad de mercado utilizando los precios del mismo (Mankiw, 2012)

Por otro lado, la variable independiente - o exógena - de este estudio es la siguiente:

- Consumo de energía renovable, definido cómo el nivel de energía proveniente de fuentes renovables utilizada.

#### **E. Estrategia de Análisis de Datos**

Tras definir los datos necesarios para responder las preguntas de investigación, se construyó una base de datos propia en Excel al unificar las diferentes bases de datos del Banco Mundial. Este fue analizado a través del programa estadístico R, y su entorno de desarrollo RStudio, en su versión más reciente - 4.1.2.

Cómo mencionado anteriormente, este trabajo utiliza un análisis con datos de panel para responder las preguntas de investigación.

Primeramente se estandarizaron las variables de población activa e Inversión Extranjera Directa (IED) mediante el uso de logaritmos para así juntar las diferentes bases de datos en una central, que pudiese ser utilizada para la creación de los

modelos. Seguidamente, se construyeron dos modelos en el programa RStudio: uno que usando efectos fijos y otro usando efectos flexibles; a los cuáles se aplicó el test de Hausman.

Para un modelo a base de efectos fijos, la ecuación teórica es la siguiente:

$$Y_{it} = \beta_i X_{it} + \alpha_i + Y_t + u_{it}$$

En cuanto la ecuación correspondiente a un modelo con efectos flexible es:

$$Y_{ij} = \beta_0 + X_{ij}\beta_1 + u_j + e_{ij}$$

A partir de los resultados de la prueba, se procedió a realizar las pruebas estadísticas necesarias para confirmar la significancia estadística de los resultados.

## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### A. Estimación y características

Al realizar ambos modelos de datos de panel, se aplicó la prueba de Hausman para comparar y encontrar el mejor para las necesidades de la investigación. La prueba de Hausman indica que un valor mayor a  $p < 0.05$ , resulta en la recomendación de rechazo de los modelos con efectos fijos y trabajar con los modelos de efectos aleatorios. Sin embargo, se analizarán los resultados obtenidos con el uso de ambos efectos para establecer el cambio que cada efecto tiene en las variables.

Siendo la fórmula del test de Hausman la siguiente:

$$H = (\beta_{RE} - \beta_{FE})'(Var(\beta_{RE}) - Var(\beta_{FE})) - 1(\beta_{RE} - \beta_{FE}) \sim \chi^2(k)$$

Dónde:

$\beta_{RE}$  y  $\beta_{FE}$  son el vector de coeficientes estimados utilizando el modelo de efectos aleatorios y efectos fijos respectivamente

$Var\beta_{RE}$  y  $Var\beta_{FE}$  representan la matriz de varianza-covarianza para cada uno de los modelos

K representa el número de coeficientes a comparar

## **B. Análisis de Resultados**

Se realizaron diez estimaciones totales, cinco por cada tipo de efecto, donde cada estimación corresponde a una combinación de variables. Se implementó un análisis gradual, de forma que “Estimación 1” abarca un número reducido de variables en comparación con las demás estimaciones. Este enfoque permitió analizar el comportamiento de cada variable y sus variaciones al agregar diferentes variables independientes.

En la primera estimación con efectos fijos se procura establecer un vínculo entre el consumo de energía renovable y el crecimiento del producto interno bruto, el modelo es estadísticamente significativo con un p-value de 0.0035 a cómo lo es la variable explicativa (consumo de energía renovable). De acuerdo a esta estimación, la relación entre ambas variables es negativa, siendo que un aumento de un punto porcentual en el consumo de energía renovable representaría una disminución de 1.09 puntos porcentuales en el crecimiento del PIB.

Seguidamente se realizó la segunda estimación con efectos fijos, en la cuál se observa la relación del crecimiento del PIB respecto al consumo de energía renovable y la población activa total. Esta estimación es estadísticamente significativa; lo cuál se refleja en la significancia que tiene el consumo de energía renovable sobre el crecimiento del PIB, en contraste con la estimación anterior un aumento de un punto porcentual sobre el consumo significa una disminución de 0.847 puntos porcentuales en el crecimiento del PIB. Los resultados demuestran que la variable de población activa muestra no es estadísticamente significativa.

La tercera estimación realizada con efectos fijos toma en cuenta el crecimiento del PIB respecto al consumo de energía renovable, la población activa total y la formación bruta de capital. Esta estimación expone un comportamiento diferente de las variables de lo observado en las estimaciones anteriores; se encuentra que el consumo de energía renovable no es estadísticamente significativo por lo cuál no puede establecerse una relación entre ella y el crecimiento del PIB. Sin embargo, se encuentra una relación y significancia estadística entre la población activa total, la formación

bruta de capital y el crecimiento del PIB: por cada aumento de un punto porcentual en las variables explicativas, el PIB observa un crecimiento de 46 puntos porcentuales y 0.4 puntos porcentuales respectivamente. La cuarta estimación con efectos fijos añadiendo la variable de inversión extranjera directa a la estimación anterior. Esta estimación indica que el consumo renovable y la población activa no son estadísticamente significativas, sin embargo la formación bruta de capital y la inversión extranjera directa tienen un efecto positivo en el crecimiento del PIB.

Finalmente, para el análisis de la quinta estimación con efectos fijos se añadió una variable dummy del año 2020. Los resultados reflejaron que todas las variables en la estimación son estadísticamente significativas siendo que el consumo de energía renovable y la población activa mantienen una relación negativa con el crecimiento del PIB, por cada punto porcentual de aumento en el consumo de energía renovable y la población activa existe una disminución de 0.46 puntos porcentuales y 2.6 puntos porcentuales en el PIB respectivamente. La formación de capital e inversión extranjera directa reflejan una relación positiva con el crecimiento económico de los países latinoamericanos, donde un aumento de un punto porcentual en las variables existe un incremento de 0.13 y 1.29 puntos porcentuales en el PIB.

La Tabla 5 muestra el resumen de resultados de las estimaciones con efectos aleatorios, la estimación 1 establece que existe una relación marginalmente significativa entre el consumo de energía renovable y el crecimiento del PIB siendo que un aumento de un punto porcentual en el consumo de energía significa un incremento de 0.22 puntos porcentuales en el PIB.

La estimación 2 establece que tanto el consumo renovable como la población activa total no son estadísticamente significativas; sin embargo, la estimación 3 toma en cuenta la formación bruta de capital y establece un vínculo significativo y positivo entre él y el crecimiento económico, donde un aumento de un punto porcentual en la formación bruta de capital representa un aumento de 0.25 puntos porcentuales en el PIB.

Los resultados de la estimación 4 reflejan similares resultados, siendo la única variable estadísticamente significativa la formación bruta de capital; esto es interesante puesto que se agregó la variable de inversión extranjera directa y no se observó el resultado esperado. Finalmente, se analiza la estimación 5 con la variable dummy del 2020; esta estimación refleja que las variables de población activa, formación bruta de capital e inversión extranjera directa tienen una relación significativa y positiva con el crecimiento del PIB.

### **C. Pruebas estadísticas**

A cada una de estas estimaciones, tanto con efectos fijos como efectos aleatorios, se le aplicaron las siguientes pruebas estadísticas: prueba de normalidad (Jarque-Bera Test), prueba de correlacionalidad y una prueba de heterocedasticidad (Lagrange Multiplier Test).

Se diseñaron dos tablas de resumen, una para las estimaciones con efectos fijos y una para las estimaciones con efectos aleatorios, para observar el resultado de estas pruebas. El diseño de las tablas es el siguiente: tipo de prueba, nombre de prueba, p-value y su resultado correspondiente.

Tomando eso en cuenta, se analizará primero el resultado de las pruebas estadísticas para las estimaciones con efectos fijos y luego las estimaciones con efectos aleatorios. Todas las estimaciones con efectos fijos coinciden en los resultados de no normalidad, no autocorrelación y homocedasticidad con excepción de la “Estimación 4” la cuál presentó señales de heterocedasticidad en la prueba de Lagrange Multiplier. Al 2020 ser un año atípico en el contexto histórico dada la cuarenta por covid-19, se decidió realizar una quinta estimación con una variable dummy para este año; las pruebas estadísticas reflejaron indicios de autocorrelación, no normalidad y heterocedasticidad.

Las estimaciones 1-4 con efectos aleatorios presentaron los mismos resultados en todas las pruebas estadísticas aplicadas: no normalidad, no autocorrelación y homocedasticidad. La quinta estimación, la que toma en cuenta la variable dummy

para el 2020, presenta no autocorrelación, homocedasticidad y una distribución normal.

La tabla 3 expone los resultados al aplicar la prueba de Hausman a las estimaciones, al ser esta prueba una comparación directa entre los resultados de cada estimación se elaboró una tabla de resumen enfocada únicamente en este análisis. La prueba de Hausman es un indicador de cuál es el mejor modelo; sin embargo, debería ser tomado únicamente como recomendación (razón por la cuál la tabla de resumen aparece cómo tal y no “resultado”); los resultados para las estimaciones 1-4 reflejan que sería recomendable el uso de efectos aleatorios pues obtuvieron un p-value menor a 0.05 por lo que se acepta la hipótesis alternativa de la prueba de Hausman. En contraste, el resultado de la estimación 5 señala que no hay suficiente información para rechazar la hipótesis nula y recomienda utilizar la estimación con efectos fijos.

## **VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **A. Conclusiones**

Durante el proceso de investigación de este trabajo, se realizaron diferentes estimaciones con efectos fijos y efectos aleatorios con el propósito de establecer y analizar una relación entre el consumo de energía renovable y el crecimiento económico en Latinoamérica.

En cuanto a la utilización de efectos, se encontró que en el contexto de esta investigación es preferible utilizar un enfoque de efecto aleatorio, dado a la consistencia con la cuál fueron recomendados por la prueba de Hausman; en específico se utilizará la estimación 5 con efectos aleatorios, a pesar de ser la estimación en la que sugiere utilizar efectos fijos; puesto que la prueba de Hausman fue tomada únicamente como recomendación y dado a la consistencia anteriormente mencionada, se considera ideal mantener la estimación 5 para el análisis.

Se encontró que Latinoamérica ha tenido un aumento en su consumo de energía renovable dentro de los años analizados lo cuál refleja un interés en el área. Sin embargo, este aumento de consumo probó no ser significativo en el crecimiento económico de los países latinoamericanos.

De acuerdo a la teoría presentada durante la revisión de literatura, un aumento en el consumo de energía renovable debería correlacionar a un crecimiento económico pues significa una reducción en la importación de energía a base de petróleo. La falta de un vínculo positivo y significativo en esta área podría ser causa de una debilidad estructural en lo que refiere al nivel de tecnología y capacitación de la población latinoamericana, reflejado principalmente en una población activa no estadísticamente significativa en el modelo; sin embargo, también podría deberse a que la inversión inicial realizada por los países para la implementación de fuentes de energía renovable no ha acreditado suficientes ingresos para “pagarse”.

En general, se refleja que las variables con mayor impacto sobre el crecimiento económico de los países latinoamericanos son la formación bruta de capital y la inversión extranjera directa; estos resultados son congruentes con el perfil histórico y económico de la región.

## **B. Recomendaciones**

Tomando en cuenta los hallazgos de la investigación, se realizan las siguientes recomendaciones para mejorar el nivel de adopción de energías renovables en países latinoamericanos.

- a. Incentivos Financieros: Un incentivo financiero, por parte del gobierno o instituciones financieras, podrían impulsar a una adopción de energía renovable por empresas pequeñas y familias.
- b. Desarrollo de Capital Humano: Es necesario que la población esté informada acerca de las alternativas renovables de energía para que exista un interés en su adopción; además, es importante que exista personal capacitado para su implementación y mantenimiento a nivel país.

- c. Mejoramiento de Infraestructura: Es importante que los países tengan buenas plantas para la producción de energía renovable, así como almacenes capacitados para su almacenamiento.

El propósito de estas recomendaciones es centrarse en puntos de los planes de América Latina que pueden fortalecerse para llevar el consumo y la producción de energía renovable a niveles que tengan un impacto positivo en las economías de cada país.

Adicionalmente, se brindan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones con este tema de estudio:

- a. Utilización de una variable que refleje la inversión en la energía renovable: En esta investigación se estableció la variable de consumo de energía renovable como vínculo para analizar la inversión; sin embargo, se recomienda utilizar una variable de producción para la profundización del estudio.
- b. Establecer un periodo de tiempo con consistencia de datos: Durante el proceso de recolección de datos, se encontró inconsistencia para la disponibilidad de datos de la variable de producción de energía renovable - razón por la cuál no fue tomada en cuenta para la realización del modelo. Por ello, se recomienda establecer un periodo de tiempo en el cuál se pueda agregar una variable que represente directamente la inversión en la energía renovable.
  - i. Asimismo, se recomienda el contacto con diferentes fuentes de bases de datos para incrementar la posibilidad de obtener datos completos y consistentes durante el período de tiempo investigado.

## VIII. ANEXOS

### A. Tabla 1: Comparación de pruebas estadísticas entre estimaciones con efectos fijos

**Tabla 1**  
Comparación de pruebas estadísticas entre estimaciones con efectos fijos

| Modelo de datos de panel |                    |                          |           |                    |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Resultado                | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 1             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 2.369e-07 | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,072     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9714    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 2             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 2.36e-06  | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,076     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9724    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 3             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 3.93e-14  | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,0126    | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9614    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 4             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | < 2.2e-16 | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,05      | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9056    | Heterocedasticidad |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 5             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 0,001902  | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,03      | Autocorrelación    |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,5067    | Homocedasticidad   |

Fuente: Elaboración propia

### B. Tabla 2: Comparación de pruebas estadísticas entre estimaciones con efectos aleatorios

**Tabla 2**  
Comparación de pruebas estadísticas entre estimaciones con efectos aleatorios no flexibles

| Modelo de datos de panel |                    |                          |           |                    |
|--------------------------|--------------------|--------------------------|-----------|--------------------|
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Resultado                | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 1             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 0,0002351 | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,262     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9714    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 2             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 0,0003283 | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,298     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9724    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 3             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 0,0003544 | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,402     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9614    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 4             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 0,0003469 | No normalidad      |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,452     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,9056    | Homocedasticidad   |
| Estimación               | Tipo de Prueba     | Nombre de la Prueba      | P-Value   | Resultado          |
| Estimación 5             | Normalidad         | Jarque Bera Test         | 0,1473    | Normalidad         |
|                          | Autocorrelación    | Autocorrelación          | 0,628     | No autocorrelación |
|                          | Heterocedasticidad | Lagrange Multiplier Test | 0,5067    | Heterocedasticidad |

Fuente: Elaboración propia

### C. Tabla 3: Comparación entre el uso de efectos fijos y efectos aleatorios

**Tabla 3**

Comparación entre el uso de efectos fijos y efectos aleatorios

Modelo con datos de panel y efectos aleatorios

| Estimación   | Tipo de Prueba             | Nombre de la Prueba | P-Value     | Recomendación               |
|--------------|----------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|
| Estimación 1 | Efectos fijos / aleatorios | Hausman Test        | 0,001552    | Utilizar efectos aleatorios |
| Estimación 2 | Efectos fijos / aleatorios | Hausman Test        | 0,002108    | Utilizar efectos aleatorios |
| Estimación 3 | Efectos fijos / aleatorios | Hausman Test        | 0,0009137   | Utilizar efectos aleatorios |
| Estimación 4 | Efectos fijos / aleatorios | Hausman Test        | 0,000004582 | Utilizar efectos aleatorios |
| Estimación 5 | Efectos fijos / aleatorios | Hausman Test        | 0,1796      | Utilizar efectos fijos      |

Fuente: Elaboración propia

### D. Tabla 4: Resumen de Resultados de Estimaciones con Efectos Fijos

**Tabla 4**

Resumen de Modelos de Datos de Panel con Efectos Fijos

| Dependent variable: |                       |                       |                       |                       |                        |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                     | Crecimiento_PIB       |                       |                       |                       |                        |
|                     | (1)                   | (2)                   | (3)                   | (4)                   | (5)                    |
| Consumo_Renov       | -1.091***<br>(0.353)  | -0.848**<br>(0.388)   | -0.688*<br>(0.370)    | -0.333<br>(0.344)     | -0.046<br>(0.217)      |
| Year2020            |                       |                       |                       |                       | -7.583***<br>(0.876)   |
| PA_log              |                       | 34.653<br>(23.979)    | 46.363**<br>(22.992)  | 34.331<br>(20.789)    | -2.612<br>(13.642)     |
| Form_Capital        |                       |                       | 0.443***<br>(0.164)   | 0.315**<br>(0.151)    | 0.136<br>(0.096)       |
| IED_log             |                       |                       |                       | 4.128***<br>(1.135)   | 1.297<br>(0.779)       |
| Observations        | 70                    | 70                    | 70                    | 70                    | 70                     |
| R2                  | 0.160                 | 0.195                 | 0.301                 | 0.454                 | 0.793                  |
| Adjusted R2         | -0.159                | -0.134                | -0.005                | 0.199                 | 0.689                  |
| F Statistic         | 9.553*** (df = 1; 50) | 5.925*** (df = 2; 49) | 6.877*** (df = 3; 48) | 9.783*** (df = 4; 47) | 35.139*** (df = 5; 46) |

Note:

\*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Fuente: Elaboración Propia - RStudio

### E. Tabla 5: Resumen de Resultados de Estimaciones con Efectos Aleatorios

Tabla 5  
Resumen de Modelos de Datos de Panel con Efectos Aleatorios - no flexibles

---

Dependent variable:

---

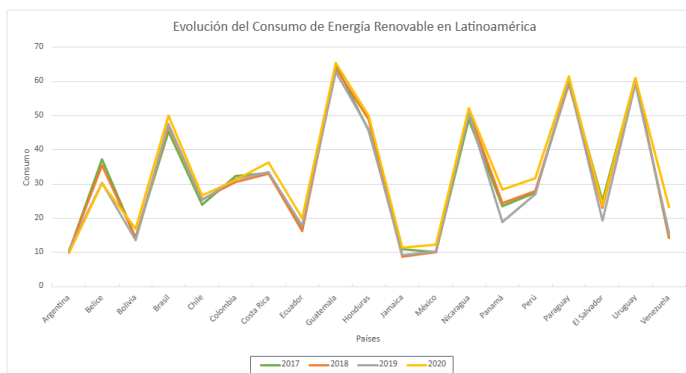
|               | (1)               | (2)               | (3)                | (4)                  | (5)                  |
|---------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
|               | Crecimiento_PIB   |                   |                    |                      |                      |
| Consumo_Renov | 0.022<br>(0.030)  | 0.023<br>(0.031)  | 0.041<br>(0.031)   | 0.052*<br>(0.030)    | 0.051***<br>(0.017)  |
| Year2020      |                   |                   |                    |                      | -8.457***<br>(0.693) |
| PA_log        |                   | 0.070<br>(0.371)  | 0.131<br>(0.361)   | -0.994<br>(0.627)    | -0.135<br>(0.368)    |
| Form_Capital  |                   |                   | 0.260**<br>(0.114) | 0.258**<br>(0.111)   | 0.142**<br>(0.063)   |
| IED_log       |                   |                   |                    | 1.148**<br>(0.530)   | 0.292<br>(0.312)     |
| Constant      | -0.767<br>(1.131) | -1.879<br>(6.039) | -8.566<br>(6.557)  | -15.944**<br>(7.233) | -6.753<br>(4.240)    |
| Observations  | 70                | 70                | 70                 | 70                   | 70                   |
| R2            | 0.008             | 0.008             | 0.008              | 0.142                | 0.743                |
| Adjusted R2   | -0.007            | -0.021            | 0.039              | 0.090                | 0.723                |
| F Statistic   | 0.545             | 0.572             | 5.774              | 10.789**             | 185.380***           |

---

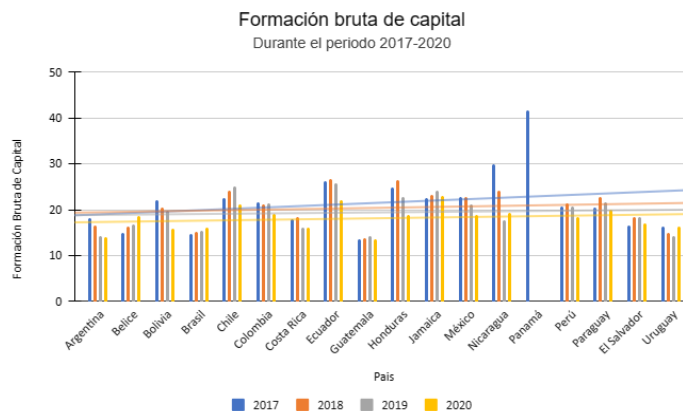
Note: \*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01

Fuente: Elaboración Propia - RStudio

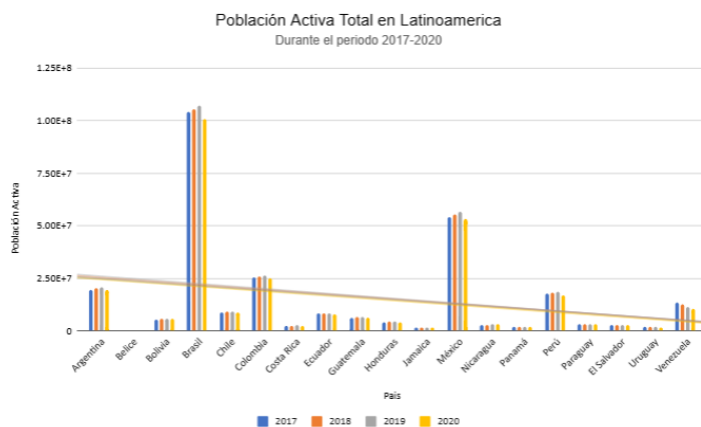
### F. Gráfico lineal de la variable Consumo de Energía Renovable



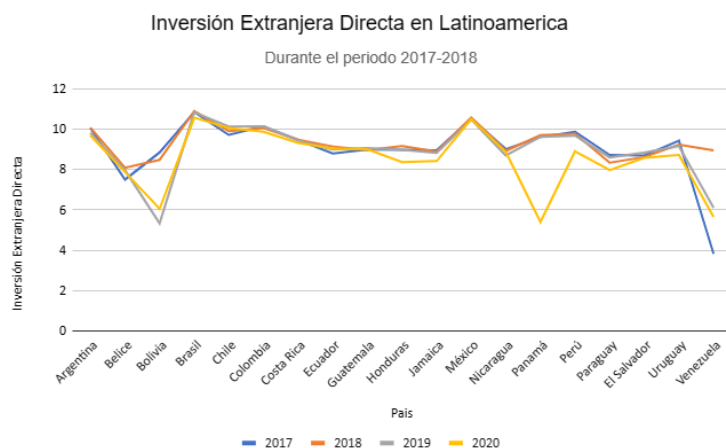
### G. Gráfico lineal de la variable Formación Bruta de Capital



## H. Gráfico lineal de la variable Población Activa, Total



## I. Gráfico lineal de de la variable Inversión Extranjera Directa



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (n.d.). World Bank Open Data | Data. <https://datos.bancomundial.org/>
- Barbier, E. (2015). *Is Green Growth Relevant for Poor Economies?* Ferdi.  
<https://ferdi.fr/en/publications/is-green-growth-relevant-for-poor-economies>
- Baya, Y., & Gavrilitea, M. D. (2019). *Energy efficiency, renewable energy, economic growth: evidence from emerging market economies*. Quality & Quantity.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11135-019-00867-9>
- Blomström, M. (1990). Foreign Investment and Spillovers. *Foreign Investment and Spillovers*, 22. <https://doi.org/10.1017/S0022216X00015625>
- Caraballo, M., & García, J. (2017). *Energías renovables y desarrollo económico. Un análisis para España y las grandes economías europeas*. SciELO.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-718X2017000300571](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2017000300571)
- Hongwen, J., Shugang, F., & Miao, X. (2023). *The Impact of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Countries along the Belt and Road*. MDPI.  
<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/11/8644>
- Hsiao-Tien, P., & Hsin-Chia, F. (2013). *Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil*. Renewable and Sustainable Energy Reviews.  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.004>
- Kennedy, P. (2008). *A Guide to Econometrics* (Sexta ed.). Blackwell Publishing.
- Mankiw, G. (2012). *Principios de Economía* (Sexta ed.). Ediciones Paraninfo, S.A.
- Ntanos, S., Skordoulis, M., Kyriakopoulos, G., Arabatzis, G., Chalikias, M., Galatsidas, S., Batzios, A., & Katsarou, A. (2018). *Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from European Countries*. MDPI.  
<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2626>
- Okumus, I., Guzel, A., & Destek, M. (2021). *Renewable, non-renewable energy consumption and economic growth nexus in G7: fresh evidence from CS-ARDL*. Environmental Sciences and Pollution Research.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-14618-7>

- Qin, Y., & Al Amin, M. (2023). *Research Guides: Panel Data Using R: Fixed-effects and Random-effects*. Princeton University Library.  
<https://libguides.princeton.edu/c.php?g=1258919&p=9227112#s-lg-box-wrapper-34399951>
- Söderholm, P. (2020). *The green economy transition: the challenges of technological change for sustainability*. Sustainable Earth Reviews.  
<https://sustainableearthreviews.biomedcentral.com/articles/10.1186/s42055-020-00029-y>
- Studenmund, A. H. (2017). *Using Econometrics: A Practical Guide* (Séptima ed.). Pearson.
- Wooldridge, J. M. (2013). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. South-Western Cengage Learning.
- World Economic Forum. (2023). *Global Risks Report 2023*. The World Economic Forum.  
<https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023/digest/>