

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas

¿Cuáles son los factores que influyen en el progreso de los países para alcanzar el objetivo de desarrollo sostenible número 13 sobre acción sobre el clima?

ADMI-1135

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Economista

Presentado por:

Johnny Alejandro Avilés González

Milady Nahomi Bailon Casquete

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Declaración Expresa

Nosotros Johnny Alejandro Avilés González y Milady Nahomi Bailon Casquete acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor de los autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 14 de octubre del 2024.


Johnny Alejandro Avilés
González


Milady Nahomi Bailon
Casquete

Evaluadores

María Cristina Aguirre Valverde

Profesor de Materia

Gonzalo Gabriel Villa Cox

Tutor de proyecto

Resumen

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 “acción por el clima” se centra en la resiliencia climática, con un enfoque particular en la reducción de emisiones de CO₂, ya que sus metas están intrínsecamente vinculadas a este componente. Dado que organismos internacionales han advertido que el cambio climático y sus efectos tienen incidencia en la economía global actual y la futura, es importante prestarle atención a las alertas y recomendaciones globales en torno a este fenómeno. En este estudio, se utilizó un modelo de efectos aleatorios correlacionados para analizar las variables clave asociadas al cumplimiento del ODS 13, utilizando las emisiones de CO₂ como indicador aproximado. Las variables consideradas incluyeron el PIB per cápita, el índice GINI, las políticas sostenibles, el desempleo, la intensidad energética y el uso del nitrógeno. Los resultados revelaron que un incremento del 1% en el PIB per cápita está relacionado con un aumento promedio del 0.311% en las emisiones de CO₂ per cápita, aunque este efecto puede ser mitigado en países con políticas ambientales sólidas. Sin embargo, es importante considerar que estas relaciones están sujetas a las limitaciones inherentes al modelo utilizado.

Palabras Clave: Sostenibilidad, CO₂, cambio climático, datos de panel.

Abstract

Sustainable Development Goal (SDG) 13 “climate action” focuses on climate resilience, with a particular focus on reducing CO₂ emissions, as its targets are intrinsically linked to this component. Given that international organizations have warned that climate change and its effects have an impact on the current and future global economy, it is important to pay attention to global warnings and recommendations regarding this phenomenon. In this study, a correlated random effects model was used to analyze the key variables associated with the fulfillment of SDG 13, using CO₂ emissions as a proxy indicator. Variables considered included GDP per capita, GINI index, sustainable policies, unemployment, energy intensity and nitrogen use. The results revealed that a 1% increase in GDP per capita is associated with an average increase of 0.311% in CO₂ emissions per capita, although this effect can be mitigated in countries with sound environmental policies. However, it is important to consider that these relationships are subject to the inherent limitations of the model used.

Keywords: Sustainability, CO₂, climate change, panel data.

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
<i>Índice general</i>	III
Abreviaturas	VI
Simbología	VI
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	VII
Capítulo 1	1
1.1 Introducción	2
1.2 Descripción del Problema	4
1.3 Justificación del Problema	6
1.4 Objetivos	7
<i>1.4.1 Objetivo general</i>	7
<i>1.4.2 Objetivos específicos</i>	7
1.5 Marco teórico	7
<i>1.5.1 La relación entre las emisiones y el PIB</i>	8
<i>1.5.2 La relación entre las emisiones y el crecimiento poblacional</i>	9
<i>1.5.3 La relación entre las emisiones y el desempleo</i>	10
<i>1.5.4 La relación entre el consumo de energía y las emisiones</i>	10
Capítulo 2	12
2. Metodología	13
2.1 Datos	13
2.2 Variables	13
<i>2.3.1 Prueba de Mundlak</i>	25

2.3.2 Verificación de modelo de CRE	25
2.3.3 Homocedasticidad	26
2.3.4 Autocorrelación	27
2.3.5 Test de Estacionariedad (Levin-Lin-Chu).....	27
Capítulo 3	31
3. Resultados y análisis	32
3.1. Análisis descriptivo	32
3.2. Análisis econométrico	36
Capítulo 4	43
4. Limitaciones	44
Capítulo 5	46
5. Conclusiones y recomendaciones	47
5.1 Conclusiones	47
5.2 Recomendaciones.....	48
Referencias	50
Anexos	53
Anexo 1. Modelo de efectos aleatorios correlacionados.....	53
Anexo 2. Test de Hausman.....	55
Anexo 3. Test de Breusch–Pagan para determinar Heterocedasticidad	55
Anexo 4. Test de Wooldridge para determinar Autocorrelación.....	55
Anexo 5. Comportamientos de variables descriptivas para América del Sur.....	56
Anexo 6. Comportamiento de variables descriptivas para Europa 1.....	56
Anexo 7. Comportamiento de variables descriptivas para Europa 2.....	57
Anexo 8. Comportamiento de Variables Explicativas para Norteamérica y Centroamérica	57
Anexo 9. Comportamiento de variables descriptivas para Asia.....	58
Anexo 10. Comportamiento de variables explicativas en África	58

Anexo 11. Código en Stata.....59

Abreviaturas

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CRE	Efectos Aleatorios Correlacionados
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIT	Organización Internacional del Trabajo
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
RSDS	Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible

Simbología

CO ₂	Dióxido de Carbono
-----------------	--------------------

Índice de figuras

Figura 132
Figura 233
Figura 334
Figura 435

Índice de tablas

Tabla 1.....3
Tabla 2.....37

Capítulo 1

1.1 Introducción

En 2015, bajo el marco de Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se presentaron al mundo los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos son los sucesores de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), instaurados en el 2000 bajo el lema de 8 metas que buscaban reducir la pobreza extrema, establecer educación primaria universal, promover la igualdad de género, entre otras. A diferencia de los ODM, los ODS tienen 17 metas creadas en colaboración global para procurar el avance social en frentes como la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico inclusivo.

La meta número 13 instaurada por los ODS es catalogada “acción por el clima”. Esta busca combatir el cambio climático y sus efectos a través de medidas como: reforzar la prevención y capacidad de respuesta de las instituciones ante los riesgos relacionados con el clima, integrar medidas climáticas en las políticas nacionales, y promover prácticas de adquisición pública sostenible. Todas estas prácticas son realizadas desde el reconocimiento de la urgencia y priorizando la cooperación internacional con los países en situación de vulnerabilidad.

La importancia del ODS 13 radica en su enfoque en la resiliencia climática, esto especialmente aplicable para los países menos desarrollados y pequeños estados insulares, subrayando la necesidad de una acción colectiva, desde gobiernos hasta empresas y sociedad civil, para evitar consecuencias catastróficas en los sistemas ecológicos y sociales del planeta. Asimismo, como se muestra en la tabla 1, el ODS 13 está fuertemente relacionado a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) debido a que sus metas principales se relacionan directa o indirectamente con el componente.

Tabla 1*Relación de las metas del ODS 13 y las emisiones de CO₂*

Meta	Relación con el CO ₂	
Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países	Indirecta	Las emisiones de CO ₂ son uno de los principales contribuyentes al calentamiento global y al cambio climático. Reducir estas emisiones es esencial para mitigar sus efectos, que incluyen desastres naturales y otros fenómenos climáticos (Pacto Mundial, 2024)
Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales	Directa	La mayoría de las políticas y estrategias nacionales para combatir el cambio climático incluyen objetivos específicos de reducción de emisiones de CO ₂ (Pacto Mundial, 2024)
Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana	Indirecta	La reducción de las emisiones de CO ₂ a nivel nacional a través del sector público y privado generalmente viene acompañado de un plan de promoción que incluye educar en temas de energías renovables, eficiencia energética y acciones de mitigación del cambio climático (Pacto Mundial, 2024)
Promover prácticas de adquisición pública que sean sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales	Directa	Las políticas públicas implementadas para combatir el cambio climático a menudo procuran la reducción o no-aumento de emisiones de CO ₂ . (Pacto Mundial, 2024)

Nota. Elaboración propia basado en información tomada de las fuentes citadas en la tabla.

En contraste, sería incorrecto decir que el cumplimiento del ODS 13 puede reducirse a la captura o disminución de emisiones de CO₂ debido a que este objetivo presenta un componente reactivo ante los fenómenos inminentes que son consecuencia de la irresponsabilidad ambiental propiciada en los últimos años a nivel global. En consecuencia, dado que este estudio utiliza las

emisiones de CO₂ de los países para aproximar el nivel de cumplimiento del ODS 13 de los mismos, se tendrá que considerar y reportar cómo esta aproximación limita el alcance de los resultados obtenidos.

Este estudio pretende realizar un análisis empírico que permita determinar cuáles son los factores más relevantes en el progreso de los países para el alcance del ODS #13 usando los niveles de CO₂ como proxy para medir el avance del mismo. Para lograrlo el presente proyecto integrador se estructura de la siguiente manera: el capítulo 1 presenta el problema, justificación, expone los objetivos de investigación y el marco teórico. Luego, el capítulo 2 explica las fuentes para la elaboración de la base de datos y la metodología a utilizar. En el capítulo 3 se describen los resultados de la investigación para luego puntualizar las limitaciones del estudio en el capítulo 4. Finalmente, el capítulo 5 ofrece una discusión de los hallazgos y recomendaciones para investigaciones futuras. Además, proporcionaremos una sección adicional en la que se expongan las limitaciones de realizar las estimaciones utilizando los niveles de CO₂ emitidos por los países como medida de cumplimiento del ODS 13.

1.2 Descripción del Problema

En los últimos años, el cambio climático ha sido un tópico que ha despertado gran interés y se ha convertido en una problemática relevante para la comunidad científica debido a los efectos que provoca en el ámbito social por su papel en la economía y el bienestar. En este contexto, gobiernos y organismos internacionales le han dado un alto grado de importancia incluyéndolo como eje prioritario dentro de sus marcos de acción, siendo el más relevante hasta la fecha el Acuerdo de París de la ONU en 2015.

Desde el punto de vista del sector público, el cambio climático ocasiona graves pérdidas de bienestar tanto a nivel económico como social. En Europa, las temperaturas extremas han

cobrado un alto precio en vidas humanas, con un aumento del 30% en la mortalidad relacionada con el calor en las últimas dos décadas (Planelles, 2024). Las olas de calor, especialmente en el Mediterráneo, son ahora más frecuentes y severas, poniendo en riesgo tanto la salud de las personas como la estabilidad de las infraestructuras.

En América, la situación no es mejor. México, Estados Unidos y Centroamérica están experimentando un aumento dramático en la frecuencia e intensidad de las olas de calor mortales. Por ejemplo, en México, solo este año se registraron más de 125 muertes a causa de las altas temperaturas (Monsalve S, 2024). Estos eventos extremos, combinados con otros fenómenos climáticos, están causando estragos en las comunidades y generando costos económicos cada vez mayores debido a los desastres naturales.

La variabilidad del clima se está intensificando, afectando patrones climáticos globales como, por ejemplo; la corriente en chorro, la corriente de aire que separa las masas de aire polar y tropical. Esto, a su vez, está provocando eventos climáticos extremos en diversas regiones del mundo, desde inundaciones en Polonia hasta olas de calor en Italia y Rumania (Ordóñez & Martín, 2024).

Asimismo, las consecuencias económicas del cambio climático son evidentes. El aumento en los desastres naturales relacionados con el clima ha obligado a las compañías de seguros de vivienda en Estados Unidos a ajustar sus políticas, exigiendo cargos adicionales para los servicios en las regiones como Florida, reflejando el creciente riesgo económico asociado al cambio climático (Georges, 2024).

Debido a lo antes mencionado, es importante conocer los factores asociados al cambio climático ya que este está reconfigurando el tejido empresarial, presentando tanto desafíos como oportunidades sin precedentes.

Las empresas se enfrentan a una serie de riesgos, desde los daños físicos causados por fenómenos meteorológicos extremos hasta los riesgos de transición asociados a la adaptación a una economía baja en carbono. En consecuencia, la crisis climática está impulsando la innovación y la creación de nuevos mercados.

Muchas empresas están reconociendo que la sostenibilidad no es solo una obligación, sino una ventaja competitiva. Al invertir en soluciones sostenibles y fortalecer su resiliencia, pueden mejorar su reputación, atraer a nuevos clientes y reducir sus costos a largo plazo. Además, la colaboración entre el sector público y el privado es fundamental para acelerar la transición hacia una economía más sostenible y equitativa (Pacto Mundial , 2024).

1.3 Justificación del Problema

Los efectos del cambio climático tienen importantes repercusiones sobre las economías nacionales y globales. Por esta razón, es importante reconocer los obstáculos que están impidiendo que las acciones propuestas por el ODS 13 en favor de mitigar los efectos futuros del cambio se lleven a cabo.

El instituto Swiss Re en su informe de 2021 sobre el cambio climático advierte que *“la economía mundial podría reducirse un 10% si no se cumplen los objetivos de emisiones netas cero para 2050 y del Acuerdo de París sobre cambio climático”* (Swiss Re Institute, 2021).

Dell et al (2012), muestra evidencia de que por cada grado centígrado que aumenta la temperatura global en 1 año, el PIB se reduce en 1,3% para las economías más pobres. Se estima que los rendimientos en el sector agrícola decrecen en más de 2% por cada +1°C sobre la temperatura media (Dell, F. Jones, & A. Olken, 2012).

De la misma forma, estudios describen que bajo el ritmo de emisiones de CO2 actuales, para 2100 la economía mundial enfrentará una reducción del PIB per cápita de 23% (resultado

global ponderado por población), previendo un ritmo de recuperación difícil y muy lento (Eduardo Alatorre & Fernández Sepúlveda, 2021) (Burke, Hsiang, & Miguel, 2015)

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Examinar los factores más relevantes que intervienen en el cumplimiento del ODS número 13 “acción por el clima” basado en el análisis empírico de una lista de 75 países para la adopción de medidas que ayuden en el combate contra el cambio climático y sus efectos.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Estimar un modelo de efectos aleatorios correlacionados que permita la medición del impacto de las variables más relevantes para la explicación del cumplimiento del ODS 13.
2. Realizar un análisis descriptivo de la evolución de los países respecto al cumplimiento del ODS 13.

1.5 Marco teórico

Sompolska-Rzechula y Kurdyś-Kujawsha (2021) mostraron que las desigualdades sociales y económicas, así como la falta de políticas energéticas efectivas, juegan un rol importante en el cumplimiento del ODS 13. Además, destacaron que a pesar de que existe relación entre el ODS 3 “Salud y bienestar” y el ODS 13 “Acción por el clima”, estos 2 objetivos no necesariamente son impulsados por los gobiernos europeos de manera simultánea; por el contrario, es posible que para algunos países la mejora de uno impacte negativamente en el otro. (Sompolska-Rzechuła & Kurdyś-Kujawska, 2021).

Asimismo, Hossin, Xiong, Alemzero, y Abudu (2023) exploran el comportamiento de los ODS 3 y 13 dentro del contexto chino. Los resultados de la investigación muestran que existe progreso en el cumplimiento de los dos ODS mencionados, y este se deriva principalmente de la

implementación de energías renovables y compromisos globales contra el cambio climático. Además, los autores discuten cómo la falta de financiamiento en energías renovables y la falta de implementación de normativas y regulaciones bajas en carbono provocan que las economías dependan de los combustibles fósiles, incluso en el contexto de países desarrollados (Hossin, Xiong, Alemzero, & Abudu, 2023).

1.5.1 La relación entre las emisiones y el PIB

Grossman y Krueger en su estudio de 1995 “Economic Growth and the Environment”, analizan la idea de que el crecimiento económico aumenta paralelamente junto con la degradación ambiental. Su propuesta de investigación se asocia a evaluar la Curva Ambiental de Kuznets (EKC, por sus siglas en inglés). La EKC consiste en la hipótesis de que la relación entre el crecimiento económico y la degradación ambiental inicialmente aumentan en conjunto pero a largo plazo, cuando la economía está desarrollada, se llega a un punto de inflexión donde la degradación ambiental ha alcanzado su pico y empieza a decrecer debido a que el crecimiento económico es suficiente para desarrollar nuevas tecnologías con la finalidad de cuidar el medio ambiente, generando una relación de U invertida (Grossman & Krueger, 1995).

Al inicio de la industrialización, existía una alta preferencia por los combustibles fósiles, cuya explotación era necesaria para el desarrollo económico; sin embargo, actualmente las economías han evolucionado y buscan formas de financiar su la transición a el uso de energías limpias. Respecto a esto, Siddharth Singh (2024) menciona que la inversión mundial en energía se encuentra en una constante transformación, en especial durante las últimas décadas. Hace dos décadas, por cada dólar invertido en energías fósiles solo se destinaba medio dólar a fuentes limpias o renovables, hoy esta proporción se ha invertido; actualmente se invierte \$1.8 en energías limpias por cada dólar en combustibles fósiles. Este cambio es más evidente en la generación eléctrica, donde las fuentes bajas en emisiones tales como las renovables y la nuclear.

Otros estudios como el de Genovaitė Liobikienė y Mindaugas Butkus (2017), evalúan empíricamente la EKC incluyendo datos de panel, dado que existen discusiones sobre esta hipótesis y sus limitaciones. En su estudio, los principales resultados no respaldaron que siempre se cumpla esta hipótesis de que el desarrollo económico disminuye las emisiones de GEI. Por otro lado, también argumentan que aumentar la eficiencia energética puede producir un efecto rebote, es decir, un aumento del consumo debido a los bajos costes. Además, se discute cómo la implementación de energías renovables reduce significativamente las emisiones, pero en muchos países se encuentra rezagada.

1.5.2 La relación entre las emisiones y el crecimiento poblacional

Leiwen Jiang y Karen Hardee (2011) hacen énfasis en cómo el crecimiento poblacional tiene relación con el cambio climático ya que al existir mayor población se demanda más de bienes y servicios que generen un aumento en la cantidad de emisiones de GEI. Es decir, factores como la urbanización, la migración, el uso de la tierra y la energía se relacionan indirectamente con el cambio climático (Jiang & Hardee, 2011).

Otros estudios de la Unión Europea mencionan que la dinámica demográfica y las emisiones de CO₂ están conectadas, ya que un crecimiento poblacional controlado podría reducir aproximadamente hasta un 29%, evitando así un peligroso aumento de las temperaturas para el año 2050. También hacen referencia a que la urbanización en los países desarrollados puede aumentar las emisiones hasta en un 25%, debido al mayor consumo y productividad de la misma, pero de manera similar, el envejecimiento podría reducir las emisiones en un 20% debido a que se tiene menor actividad económica y menor fuerza laboral en países industrializados (European Commission, 2021).

1.5.3 La relación entre las emisiones y el desempleo

Según el informe de descarbonización emitido por la OIT y el BID (2021), se estima que para el año 2030 se puedan generar alrededor de 15 millones de empleos adicionales para América Latina y el Caribe debido a los procesos y acuerdos de los objetivos de desarrollo sostenible. Asimismo, se estima que el sector energético, que depende de combustibles fósiles, perderá alrededor de 7.5 millones de empleos; entonces, para que la transición sea justa, será necesario implementar políticas que faciliten la capacitación y empleabilidad de los trabajadores afectados, promoviendo la diversidad económica e independencia de sectores vulnerables. (Organización Internacional del Trabajo (OIT), & Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2021)

1.5.4 La relación entre el consumo de energía y las emisiones

Jonathan Hernández (2021) muestra evidencia que respalda que variables como el consumo de energía renovable y el ingreso per cápita están relacionadas con las emisiones GEI que emiten los países. Para su estudio, Hernández agrupó los países separando los de alto y bajo ingreso concluyendo que, de manera general, existe una relación inversa entre el uso de energías renovables y las emisiones de GEI. Esta relación es más evidente en países con altos ingresos, debido a que tienen mayor diversidad de energías renovables y que, en algunos casos, han alcanzado su pico en emisiones y, en consecuencia, verse se han visto obligados a tomar acción por la huella ambiental generada (Hernández Pérez, 2021).

Asimismo, Horacio Catalán (2021) también analizó el impacto de las energías renovables en las emisiones de GEI y considera que la insistencia de organismos internacionales en actuar sobre las emisiones de CO₂ ha servido muy poco porque los países siguen generando grandes cantidades de este componente a través del uso de energía proveniente de la quema de

combustibles fósiles. El estudio sostiene que se requerirá un cambio en las políticas energéticas para lograr una transición efectiva hacia una economía baja en carbono (Catalán Alonso, 2021).

Capítulo 2

2. Metodología

Para determinar los factores más influyentes el cumplimiento del ODS 13 “Acción por el clima”, se adoptó un enfoque metodológico cuantitativo que consistía en un análisis empírico de datos de panel. Se aplicó un modelo econométrico de efectos aleatorios correlacionados (CRE, por sus siglas en inglés) para controlar las características no observables de cada país en la estimación, que a su vez se encuentran correlacionadas con las variables explicativas. En el análisis se incluyeron variables claves, tales como socioeconómicas, ambientales, y de políticas ambientales que permitieron una mayor comprensión respecto a la magnitud e impacto en el progreso hacia la acción climática.

2.1 Datos

En este estudio se utilizó los datos levantados de forma colaborativa por más de 2000 universidades y centros de investigación alrededor del mundo a través de la iniciativa propiciada por la ONU con la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (RSDS). El objetivo de la RSDS es movilizar a la comunidad científica involucrándolos en la búsqueda de soluciones innovadoras para el desarrollo sostenible.

La base de datos que se utilizó para este estudio corresponde a un panel balanceado que consta de 1,800 observaciones provenientes de 75 países que seleccionamos acorde a la disponibilidad de datos. El periodo de estudio abarca de 2000 a 2023.

2.2 Variables

Se realizó la selección de las variables explicativas de acuerdo con la literatura revisada. Las más relevantes, y por lo tanto las consideradas en el estudio, son las siguientes:

- **Goal 13:** Esta variable mide el cumplimiento del ODS 13 “Acción por el clima”, se utilizó como proxy las emisiones de CO₂, cuyo primer componente proviene de la quema

de combustibles fósiles y la producción de cemento, el segundo componente trata sobre las emisiones derivadas de la importación de bienes y servicios, ambas medidas en toneladas, como tercer y último componente se tiene a las emisiones de CO₂ derivadas de las exportaciones de cada país medidas en kilogramos.

- **PIB per cápita (USD constantes 2015):** Esta variable fue incluida principalmente para evaluar el desarrollo económico de los países y su relación respecto a las medidas sostenibles optadas durante los últimos 24 años.
- **Crecimiento poblacional y Población total.**
- **Tasa de desempleo:** Proporción de la población activa que no tiene trabajo, pero está disponible y busca empleo. Las definiciones de población activa y desempleo varían según el país.
- **Intensidad Energética (megajulios por dólar de PIB (2017 PPP)):** Indica cuánta energía se utiliza para producir una unidad de producto económico. Una ratio más bajo indica que se utiliza menos energía para producir una unidad de producto.
- **Uso Eficiente del Nitrógeno:** Es un índice que combina dos medidas de eficiencia en la producción de cultivos, por un lado, la eficiencia en el uso del nitrógeno en métodos productivos y la eficiencia de su uso en el rendimiento de los cultivos.
- **Tasa de mortalidad por Contaminación:** índice de muertes atribuibles a los efectos conjuntos de los combustibles utilizados para cocinar en el interior y la contaminación del aire exterior.
- **Esperanza de vida al nacer:** El número promedio de años que un recién nacido puede esperar vivir, considerando las tasas de mortalidad actuales por sexo y edad.
- **Estrés hídrico:** Mide la proporción de agua dulce extraída frente a los recursos renovables disponibles, considerando las necesidades ambientales. Los sectores clave

incluyen agricultura, pesca, manufactura, electricidad y servicios, según la CIU.

También se le llama intensidad en el uso del agua.

- **Uso de energía:** Tasa que mide el porcentaje de población con acceso a electricidad.
- **Porcentaje de uso de las energías renovables:** El consumo de energía renovable es la proporción de energía renovable en el consumo total de energía final.
- **Gasto en investigación y desarrollo:** El gasto interior bruto en I+D como porcentaje del PIB es un indicador clave para medir el compromiso de un país con la innovación y el desarrollo tecnológico.
- **Superficie media de zonas terrestres protegidas:** Porcentaje medio de superficie de las Áreas Terrestres Clave para la Biodiversidad (lugares importantes para la persistencia global de la biodiversidad) que están protegidas.
- **Superficie media de zonas marinas protegidas:** Porcentaje medio de zonas marinas clave para la biodiversidad (lugares importantes para la persistencia global de la biodiversidad marina) que están protegidas.
- **Índice de percepción de la corrupción:** Los niveles percibidos de corrupción en el sector público, en una escala de 0 (mayor nivel de corrupción percibida) a 100 (menor nivel de corrupción percibida). El IPC agrega datos de diversas fuentes que proporcionan percepciones de empresarios y expertos nacionales.
- **Índice de producción ganadera:** Se incluye carne, leche de todas las fuentes, productos lácteos como queso, huevos, miel, seda cruda, lana, cueros y pieles como un promedio ponderado.
- **Intensidad Energética:** La intensidad energética primaria mide cuánto energía se necesita para generar cada unidad de riqueza de un país. Es decir, nos indica la eficiencia con la que se utiliza la energía para producir bienes y servicios.

- **Intensidad del Carbono:** Emisiones anuales de dióxido de carbono (CO₂), uno de los seis gases de efecto invernadero (GEI) de Kioto, procedentes de los sectores de la agricultura, la energía, los residuos y la industria, excluido el UTCUTS; divididas por el PIB en 2021 PPA \$.
- **Políticas Sostenibles:** Consiste en una dummy, cuyo valor anual es 1 para los países han optado por implementar políticas ambientales y 0 para los que no han implementado ninguna en ese periodo. Estas políticas representan los esfuerzos y compromisos de un país para mitigar el cambio climático y adaptarse a sus efectos, es necesario mencionar, que no se tomó en consideración las políticas ambientales que ya hayan sido finalizadas, ni las que fueron anunciadas para el futuro, se utilizó únicamente aquellas que se encuentran en vigor y que hayan sido generadas o aplicadas desde 2000 hasta 2023.

2.3 Modelo

Se utilizó un modelo de datos de panel con efectos aleatorios correlacionados (CRE, por sus siglas en inglés), que es una extensión del modelo de efectos aleatorios estándar. Para especificar este modelo, se incluyó las medias de las variables explicativas para cada país con el fin de capturar la correlación de cada uno de estos con las variables explicativas tal como se describe a continuación.

Suponga un panel balanceado con una gran población de unidades transversales (N grande) y pocos periodos de tiempo (T pequeño), donde se puede permitir una dependencia arbitraria de series de tiempo al realizar inferencias, es decir, $N * T \rightarrow \infty$.

La heterogeneidad no observada se denota con c_i y la clave de este modelo es asumir la relación entre lo no observable c_i y las covariables observables x_{it} .

El modelo lineal básico con heterogeneidad aditiva es:

$$y_{it} = \eta_t + x_{it}\beta + c_i + u_{it}, \quad t = 1, \dots, T \quad (2.1)$$

Donde: $\{u_{it}: t = 1, \dots, T\}$ son los errores idiosincráticos. El compuesto del error al tiempo t es:

$$v_{it} = c_i + u_{it} \quad (2.2)$$

- En esta secuencia, para $\{v_{it}: t = 1, \dots, T\}$ es casi seguro que se presente correlación serial si u_{it} no está correlacionado en serie.
- x_{it} es un vector fila $1 * k$, es decir, contiene variables que cambian entre los indicadores i a través del tiempo t .
- Con un panel corto, los interceptos de los periodos de tiempo η_t son tratados como parámetros que pueden ser estimados incluyendo variables ficticias o dummy para diferentes periodos.
- Con una configuración diferente, por ejemplo, una N pequeña y T grande, tiene sentido ver los η_t como variables aleatorias que inducen correlación transversal.
- Cuando sea conveniente, se puede absorber las dummies de tiempo en x_{it} , lo que genera un nuevo ajuste del modelo:

$$y_{it} = x_{it}\beta + c_i + u_{it}, \quad t = 1, \dots, T \quad (2.3)$$

- x_{it} puede incluir interacciones de variables con períodos de tiempo ficticios, y funciones e interacciones no lineales generales, por lo que el modelo es bastante flexible.
- Especialmente para el enfoque CRE, es útil separar diferentes tipos de covariables:

$$y_{it} = g_t\theta + z_i\delta + w_{it}\gamma + c_i + u_{it} \quad (2.4)$$

- Donde g_t es un vector de efectos temporales agregados (a menudo, pero no necesariamente con dummies temporales incluídas).
- z_i es un conjunto de variables observadas constantes en el tiempo.

- w_{it} cambia en i y t (al menos para algunas unidades i y periodos de tiempo t).
- Dependiendo de los supuestos, es posible que no se pueda estimar δ .

Supuestos de exogeneidad de las variables explicativas

$$y_{it} = x_{it}\beta + c_i + u_{it} \quad (2.5)$$

- Exogeneidad contemporánea (condicionada al efecto no observado):

$$E(u_{it}|x_{it}, c_i) = 0 \quad (2.6)$$

La exogeneidad contemporánea ya descarta los tipos de endogeneidad cuando algunos elementos de x_{it} están correlacionados con u_{it} , tales como: error de medición, simultaneidad y variables omitidas variables en el tiempo. Este supuesto es crucial para garantizar la consistencia de las estimaciones. Por ejemplo, el logaritmo del PIB per cápita se asume exógeno, lo que implica que no está correlacionado con los errores idiosincráticos del modelo. Esto permite evaluar de manera precisa cómo el desarrollo económico influye en las emisiones de CO₂.

En términos de cero correlación, el supuesto es:

$$Cov(x_{it}, u_{it}) = 0, t = 1, \dots, T \quad (2.7)$$

- Exogeneidad estricta (condicionada al efecto no observado)

$$E(y_{it}|x_{i1}, \dots, x_{iT}, c_i) = E(y_{it}|x_{it}, c_i) = x_{it}\beta + c_i, \quad (2.8)$$

de modo que sólo x_{it} afecta al valor esperado de y_{it} una vez que se controla c_i .

Esto es más débil que si no condicionáramos c_i . Asumiendo que la condición de exogeneidad estricta se mantiene condicionada a c_i .

$$E(y_{it}|x_{i1}, \dots, x_{iT}) = x_{it}\beta + E(c_i|x_{i1}, \dots, x_{iT}) \quad (2.9)$$

Entonces, la correlación entre c_i y (x_{i1}, \dots, x_{iT}) invalidaría la hipótesis sin condicionar a c_i .

- La exogeneidad estricta implica, por ejemplo, una dinámica correcta de retardo distribuido (un reto con T pequeños).
- Además, estricta descarta definitivamente las variables dependientes retardadas.

- También descarta otras situaciones en las que las perturbaciones de hoy afectan a los movimientos futuros de las covariables.

$$E(u_{it}|x_{i1}, \dots, x_{iT}, c_i) = 0 \quad (2.10)$$

- Una implicación importante de la exogeneidad estricta -a veces utilizada como definición- es:

$$Cov(x_{is}, u_{it}) = 0 \quad s, t = 1, \dots, T \quad (2.11)$$

- En otras palabras, las covariables en cualquier momento s no están correlacionadas con los errores idiosincráticos en cualquier momento t .
- RE, FE y CRE se basan en la exogeneidad estricta cuando T no es grande.

Exogeneidad secuencial (condicionada al efecto no observado):

$$E(y_{it}|x_{it}, x_{i,t-1}, \dots, x_{i1}, c_i) = E(y_{it}|x_{it}, c_i) = x_{it}\beta + c_i \quad (2.12)$$

La exogeneidad secuencial es un término medio entre la exogeneidad y la exogeneidad estricta. Permite variables dependientes retardadas y otras variables que cambian como reacción a perturbaciones pasadas. La exogeneidad estricta impone restricciones al comportamiento económico, mientras que la exogeneidad secuencial es menos restrictiva.

- Supuestos sobre el efecto no observado (Heterogeneidad)

En las aplicaciones modernas, tratar c_i como un «efecto aleatorio» significa esencialmente que:

$$Cov(x_{it}, c_i) = 0 \quad s, t = 1, \dots, T \quad (2.13)$$

aunque a veces se refuerza para:

$$E(c_i|x_i) = E(c_i) \quad (2.14)$$

Donde $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iT})$.

El enfoque CRE permite unificar los enfoques de estimación de efectos fijos y aleatorios.

$$E(c_i|x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iT}) = E(c_i|\bar{x}_i) = \psi + \bar{x}_i\xi \quad (2.15)$$

Donde: $\bar{x}_i = T^{-1}\sum_{r=1}^T x_{ir}$ es el vector de medias temporales.

Propuesto por Mundlak (1978) y flexibilizado por Chamberlain (1980, 1982).

Resulta útil descomponer c_i como:

$$c_i = \psi + \bar{x}_i \xi + a_i \quad (2.16)$$

$$E(a_i | x_i) = 0 \quad (2.17)$$

Entonces,

$$y_{it} = x_{it} \beta + \psi + \bar{x}_i \xi + a_i + u_{it} \quad (2.18)$$

Si se asumió exogeneidad estricta,

$$E(y_{it} | x_i) = E(y_{it} | x_{it}, \bar{x}_i) = x_{it} \beta + \psi + \bar{x}_i \xi, t = 1, \dots, T. \quad (2.19)$$

- Estimación e inferencia

Utilice el enfoque CRE como tema unificador. La ecuación de estimación es:

$$y_{it} = x_{it} \beta + \psi + \bar{x}_i \xi + a_i + u_{it} \quad (2.18)$$

$$\equiv x_{it} \beta + \psi + \bar{x}_i \xi + v_{it} \quad (2.19)$$

Si,

$$E(a_i | x_i) = 0 \quad (2.17)$$

$$E(u_{it} | x_i) = 0, t = 1, \dots, T \quad (2.20)$$

Entonces,

$$E(v_{it} | x_i) = 0 \quad (2.21)$$

Se puede utilizar MCO combinados para estimar de forma coherente todos los parámetros, incluyendo ξ .

Si se comienza con:

$$y_{it} = g_t \theta + z_i \delta + w_{it} \gamma + c_i + u_{it} \quad (2.22)$$

Entonces, se puede utilizar la ecuación de estimación CRE:

$$y_{it} = g_t\theta + z_i\delta + w_{it}\gamma + \psi + \bar{w}_i\xi + a_i + u_{it} \quad (2.23)$$

Sin embargo, se debe tener cuidado al interpretar $\hat{\delta}$.

Luego se realiza la equivalencia algebraica conocida: El estimador MCO agrupado en:

$$y_{it} = g_t\theta + z_i\delta + w_{it}\gamma + \psi + \bar{w}_i\xi + v_{it} \quad (2.24)$$

Que da las estimaciones de efectos fijos de θ y γ , los coeficientes de las covariantes temporales.

Consecuencia importante: Para estimar θ y γ , el enfoque CRE es robusto ante violaciones arbitrarias de:

$$E(c_i|w_i) = \psi + \bar{w}_i\xi \quad (2.25)$$

La exogeneidad estricta de $\{x_{it} : t = 1, \dots, T\}$ respecto a u_{it} aún sigue siendo necesaria.

Debido a la presencia de a_i , es probable que el error $v_{it} = a_i + u_{it}$ tenga mucha correlación serial.

La alternativa a los MCO agrupados es un MCO factible basado en una matriz de varianza-covariable específica:

$$Cov(a_i, u_{it}) = 0, \text{ para todo } t \quad (2.26)$$

$$Cov(u_{is}, u_{it}) = 0, \text{ para todo } t \neq s \quad (2.27)$$

$$Var(u_{it}) = \sigma_u^2, \text{ para todo } t \quad (2.28)$$

Técnicamente, se debe condicionar en x_{it} . Si se escribe:

$$y_{it} = x_{it}\beta + \psi + \bar{x}_i\xi + v_{it} \quad (2.29)$$

Y v_{it} sea $T * 1$, entonces $\Omega = E(v_i v_i')$ tiene la estructura: $\sigma_a^2 + \sigma_u^2$

$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma_a^2 + \sigma_u^2 & \dots & \sigma_a^2 & \sigma_a^2 \\ \sigma_a^2 & \sigma_a^2 + \sigma_u^2 & \sigma_a^2 & \sigma_a^2 \\ \vdots & \sigma_a^2 & \ddots & \vdots \\ \sigma_a^2 & \dots & \sigma_a^2 & \sigma_a^2 + \sigma_u^2 \end{pmatrix} \quad (2.26)$$

(Wooldridge J. M., 2010)

Se definió como variable de respuesta el logaritmo de las emisiones de CO₂ per cápita, que tiene fuerte relación con cambio climático y es uno de los seis gases de efecto invernadero (GEI) (World Bank, 2024). Como variable explicativa, se utilizó el logaritmo del PIB per cápita en dólares estadounidenses porque si se usaba su valor nominal hubiera presentado mayores problemas de heterocedasticidad, ya que los ingresos variaban significativamente entre los países pese a representarse en una sola moneda. Al aplicar el logaritmo, esta variabilidad se redujo, permitiendo una mayor precisión en las estimaciones que permitió reflejar el nivel de desarrollo económico de cada unidad, donde un mayor PIB podría presentar mayores oportunidades para reducir el impacto climático, o a su vez reducirla debido a sus métodos productivos y explotación de recursos para lograr ese nivel de ganancias. De la misma manera, se utilizó también el desempleo como variable de control para poder aislar el efecto de las variables explicativas. Además, se seleccionó como variable independiente el índice GINI debido a que la revisión de la literatura destacó que la desigualdad en la distribución del ingreso puede influir en el consumo de energía y, por tanto, en las emisiones. Además, la literatura apunta a que los hogares más ricos tienden a tener un mayor consumo de bienes y servicios intensivos en carbono.

En el modelo se incluyó una variable que contempla la eficiencia del uso del nitrógeno ya que esta refleja cómo se está utilizando el nitrógeno para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger el medio ambiente. Asimismo, se incluyó en el modelo la intensidad energética, que permitió considerar la eficiencia con la que una economía utiliza la energía para producir bienes y servicios, es decir, cuánta energía se necesita para producir una unidad monetaria, que en este caso son dólares americanos.

Modelo Propuesto:

$$\log (CO2pc)_{it} = x_{it}\beta + \psi + \bar{x}_i\xi + v_{it} \quad (2.26)$$

Justificación del modelo:

La inclusión de medias en el modelo CRE es una forma de validar si las variables explicativas están correlacionadas con los efectos aleatorios, algo que los modelos estándar no permiten evaluar. Por ejemplo, el coeficiente significativo del promedio del PIB muestra que las diferencias estructurales en el PIB per cápita están correlacionadas con las emisiones de CO₂, lo que valida el enfoque CRE sobre el modelo efectos fijos, que no podría captar esta relación. Este resultado refuerza la idea de que el CRE es un modelo más completo y apropiado para los datos utilizados.

Además, el modelo de efectos fijos utiliza únicamente la variación dentro de los países (temporal), ignorando la variación entre países, lo que puede llevar a perder información valiosa. Por ejemplo, si se analiza cómo el PIB per cápita afecta las emisiones de CO₂, el modelo efectos fijos solo captura cambios en el PIB per cápita dentro de un país, ignorando diferencias estructurales entre países con diferentes niveles de desarrollo económico. En cambio, el modelo CRE incluye estas diferencias a través de las medias, lo que permite observar cómo países con PIB per cápita alto estructuralmente emiten más CO₂ debido a mayores niveles de consumo y producción intensivos en carbono. Así, el CRE ofrece una visión más integral al capturar ambos niveles de variación.

Por otra parte, las medias de las variables explicativas, incluidas en el modelo CRE (siguiendo la aproximación de Mundlak), permiten controlar por características estructurales no observadas que podrían estar correlacionadas con las variables explicativas y que el modelo efectos fijos no considera. Por ejemplo, un país con una eficiencia energética promedio muy baja puede tener niveles consistentemente altos de emisiones de CO₂ independientemente de los cambios temporales en su intensidad energética anual. Este efecto estructural sería ignorado en el modelo efectos fijos, pero en el CRE, el coeficiente significativo de la intensidad energética

permite aislar esta relación y separar la influencia de las características temporales y estructurales.

Adicionalmente, el R^2 within obtenido explica la variación de las emisiones de CO₂ dentro de cada país a lo largo del tiempo, reflejando cómo las emisiones de CO₂ varían dentro de cada país durante el período de estudio (2000-2023) al considerar las variables explicativas, por ejemplo, factores como el PIB per cápita y la intensidad energética. Por otro lado, el R^2 between mide la proporción de la variabilidad de las emisiones de CO₂ que es explicada por las diferencias estructurales entre países, capturando cómo las características promedio de cada país. Siguiendo con el ejemplo anterior, el nivel de PIB per cápita, la intensidad energética u otras variables explicativas del modelo, contribuyen a las diferencias en las emisiones de CO₂. Finalmente, el R^2 overall proporciona una visión general de cuánto del total de la variabilidad en las emisiones de CO₂ es explicado por las variables explicativas, combinando tanto la variación within como la between, y ofreciendo una medida global de la bondad de ajuste del modelo. Sin embargo, es importante notar que ninguno de estos indicadores mide la causalidad, sino la proporción de la variabilidad explicada por el modelo.

Algunas variables como el índice GINI promedio o la intensidad energética promedio capturan diferencias estructurales importantes entre países. Por ejemplo, un país con desigualdad promedio alta, podría experimentar mayores emisiones debido a la concentración del ingreso en sectores intensivos en carbono. En el modelo efectos fijos, estas variables serían eliminadas al no variar dentro de cada país, perdiendo información clave para diseñar políticas globales. En cambio, el CRE permite identificar estas diferencias estructurales y formular políticas específicas para países con diferentes niveles de desigualdad o intensidad energética.

2.3.1 Prueba de Mundlak

Se realizó la prueba de Mundlak para evaluar si los efectos aleatorios en el modelo se encontraban correlacionados con las covariables explicativas. Para aplicar la prueba, primero se estimó el modelo efectos aleatorios. Posterior a eso, mediante el uso del software Stata se agregó los promedios temporales de las variables explicativas al modelo.

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + \bar{X}_i \gamma + u_i + \varepsilon_{it} \quad (2.27)$$

Donde:

\bar{X}_i : Es el promedio de X_{it} en el tiempo para cada i

Luego de eso, se realizó el test, que estima el modelo extendido y verifica la significancia conjunta de X_{it} utilizando una prueba Chi cuadrado o F. Por lo tanto, basándose en el nivel de significancia, se prefirió continuar nuestro estudio con un modelo de efectos aleatorios correlacionados.

2.3.2 Verificación de modelo de CRE

Para detectar el uso adecuado de CRE en nuestro modelo, se realizó una prueba de verificación de Mundlak y Hausman. Con esto, se comprobó si las medias de las variables explicativas estaban significativamente asociadas a los efectos aleatorios.

Para hacer esta verificación en stata primero se creó las medias de las variables explicativas y luego se las incluyó en el modelo de efectos aleatorios estándar previamente realizado. Dado que las medias de las variables explicativas eran significativas, se concluyó que es adecuado utilizar un modelo CRE para el presente estudio, confirmándolo con ambas pruebas.

2.3.3 Homocedasticidad

Para detectar si existía homocedasticidad en los errores de nuestro modelo, se realizó una prueba Breusch-Pagan. Esta prueba tiene como H0 que la varianza de los errores es constante y como H1 que la varianza depende de una o más variables. Por ejemplo, la intensidad energética puede tener una varianza no constante, lo que se corrige utilizando errores robustos.

Primero, para la prueba se estimó los residuos del modelo original y posteriormente mediante el uso del software Stata se evaluó los residuos al cuadrado y se calculó una regresión auxiliar (2.28) sobre las variables explicativas del modelo auxiliar.

$$e_i^2 = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + u_i \quad (2.28)$$

Donde:

e_i^2 : residuos al cuadrado de la regresión original

α : término constante de la regresión auxiliar

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$: coeficientes de regresión de las variables independientes

$X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}$: variables independientes del modelo original.

u_i : término de error de la regresión auxiliar

Luego de esto, se calculó el coeficiente de determinación de la regresión auxiliar para posteriormente calcular el estadístico de prueba BP (2.29)

$$BP = n \cdot R^2 \quad (2.29)$$

Dado que el valor p de la prueba fue menor al nivel de significancia, se rechazó H0 y se concluyó que los residuos son heterocedásticos. Sin embargo, se corrigió la heterocedasticidad utilizando errores robustos en nuestro modelo.

2.3.4 Autocorrelación

Para detectar si los residuos de nuestro modelo tenían problemas de autocorrelación, se aplicó la prueba de Wooldridge. Esta prueba tiene como H0 que las diferencias de los residuos están correlacionadas con los residuos del periodo anterior y su H1 es que sí están correlacionados, es decir que existe autocorrelación de primer orden en los residuos. Por ejemplo, las políticas ambientales pueden tener un efecto rezagado en las emisiones de CO₂, lo que se captura adecuadamente con errores robustos.

Luego de guardar los residuos del modelo original, se calculó las diferencias de los residuos entre periodos consecutivos y posteriormente se creó una regresión auxiliar (2.30).

$$(e_{it} - e_{it-1}) = \alpha + \rho e_{it-1} + u_{it} \quad (2.30)$$

Donde:

$(e_{it} - e_{it-1})$: diferencias de los residuos entre periodos consecutivos.

α : el término constante de la regresión auxiliar.

ρ : el coeficiente de regresión del residuo del periodo anterior ((e_{it-1})). Este coeficiente indica la relación entre el residuo del periodo anterior y las diferencias de los residuos.

Posteriormente, se obtiene el estadístico de prueba de Wooldridge que se basa en el coeficiente ρ . Si este es significativamente diferente de cero, indica la presencia de autocorrelación.

Dado que el estadístico fue diferente de 0, se concluyó que había autocorrelación en los errores del modelo y para corregirla se utilizó errores robustos.

2.3.5 Test de Estacionariedad (Levin-Lin-Chu)

Con la finalidad de validar las variables explicativas y de control, se aplicó el test de Estacionariedad Levin-Lin-Chu, que se utiliza específicamente para determinar la existencia de raíz unitaria en datos de panel balanceados.

Para evaluarlo, se parte de un modelo de datos de panel:

$$y_{it} = \alpha_i + \rho y_{it-1} + \beta X_{it} + u_{it} \quad (2.31)$$

Donde:

y_{it} : representa la variable dependiente para la unidad i en el periodo t .

α_i : es el término de efecto individual

ρ : es el coeficiente de autoregresión, es decir, un parámetro que determina si la serie es estacionaria o no. Si $\rho = 1$, la serie tiene una raíz unitaria y es no estacionaria.

βX_{it} : Representa el vector de variables explicativas para la unidad i en el periodo t .

u_{it} : es el término de error.

El contraste de hipótesis viene dado por:

H_0 : Las series temporales tienen una raíz unitaria, es decir, son no estacionarias.

H_1 : Las series temporales no tienen raíz unitaria, es decir, que son estacionarias.

Se define el estadístico de prueba como:

$$LLC = \bar{\rho} / \sqrt{Var(\bar{\rho})} \quad (2.32)$$

Donde:

$\bar{\rho}$ es la media de los estimadores de ρ para todas las unidades transversales en el panel.

$Var(\bar{\rho})$ es la varianza de la estimación de $\bar{\rho}$.

Este estadístico de prueba sigue una distribución normal estándar bajo la hipótesis nula de que todas las series tienen una raíz unitaria.

Una vez calculado el estadístico de prueba, revisamos su valor p , que indica la probabilidad de que el estadístico caiga en la zona de rechazo o en la de no rechazo. Si el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que las variables son estacionarias. En caso contrario, si el valor p es mayor a 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula, lo que

implica que las variables presentan una raíz unitaria y, por lo tanto, son consideradas no estacionarias.

Es necesario mencionar que, el test es adecuado para paneles equilibrados y tiene limitaciones cuando se utiliza en paneles desequilibrados. (Wooldridge J. M., *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5th ed.) , 2016)

2.3.6 Índice de Inflación de la Varianza (VIF)

Este indicador sirve para determinar la existencia de multicolinealidad en los modelos de regresión, es decir, situaciones en que las variables se encuentran relacionadas entre sí o problemas de especificación.

La hipótesis parte de una regresión múltiple:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + e \quad (2.33)$$

Donde:

- y es la variable dependiente.
- x_1, x_2, \dots, x_k son las variables independientes o explicativas.
- $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ son los coeficientes.
- e es el término de error.

Luego se procede a realizar la estimación del VIF para cada variable explicativa:

$$VIF_j = 1/(1 - R_j^2) \quad (2.34)$$

Donde:

R_j^2 : Es el coeficiente de determinación de la regresión de la variable x_j sobre las demás variables explicativas $x_1, x_2, \dots, x_{j-1}, \dots, x_k$, es decir, cuánta variabilidad de x_j es explicada por las demás variables del modelo.

$$x_j = \gamma_0 + \gamma_1 x_1 + \gamma_2 x_2 + \dots + \gamma_{j-1} x_{j-1} + \gamma_{j+1} x_{j+1} + \gamma_k x_k + \epsilon_j \quad (2.35)$$

Interpretación:

Si $VIF_j = 1$, no existe multicolinealidad, ya que la variable x_j no está correlacionada con las demás variables explicativas.

Si $VIF_j > 1$, existe multicolinealidad, y el valor aumenta a medida que la correlación entre x_j y las otras variables se hace más fuerte.

Si VIF_j es considerablemente grande (por ejemplo, mayor a 10), indica una multicolinealidad alta y, por lo tanto, los estimadores de los coeficientes pueden volverse inestables y poco confiables. (Wooldridge J. M., *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5th ed.), 2016)

Capítulo 3

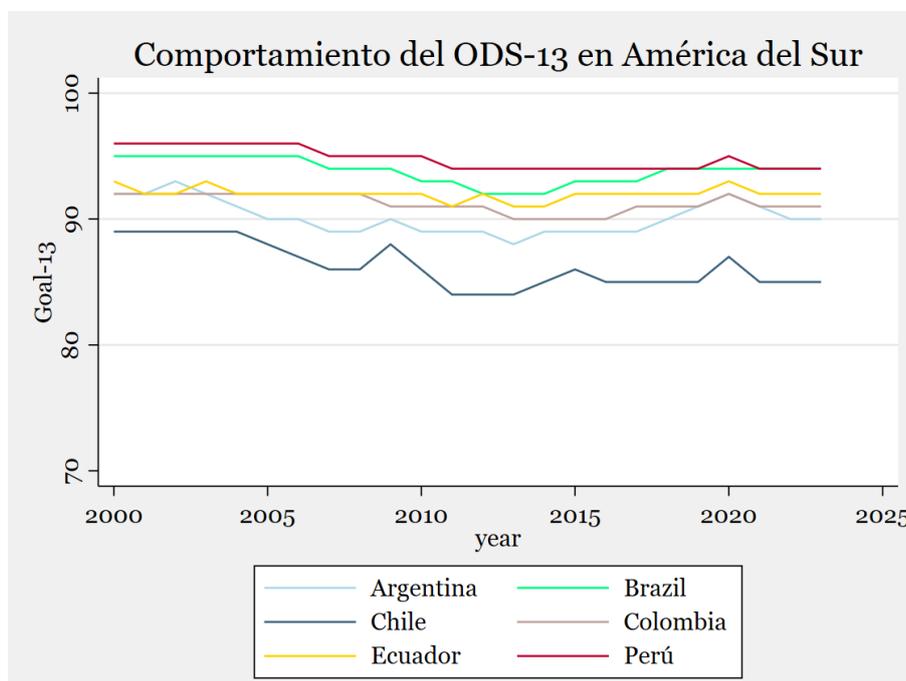
3. Resultados y análisis

El presente trabajo tiene como objetivo examinar los factores más significativos que intervienen en el cumplimiento del ODS número 13 “acción por el clima”. En esta sección se revisa el análisis descriptivo que incluye el análisis dividido en regiones del cumplimiento del ODS y otras variables relevantes según la literatura para comprender su comportamiento durante el periodo de estudio. Posteriormente, se presentan los resultados de las estimaciones del modelo econométrico planteado.

3.1. Análisis descriptivo

Figura 1

Comportamiento del ODS-13 en América del Sur



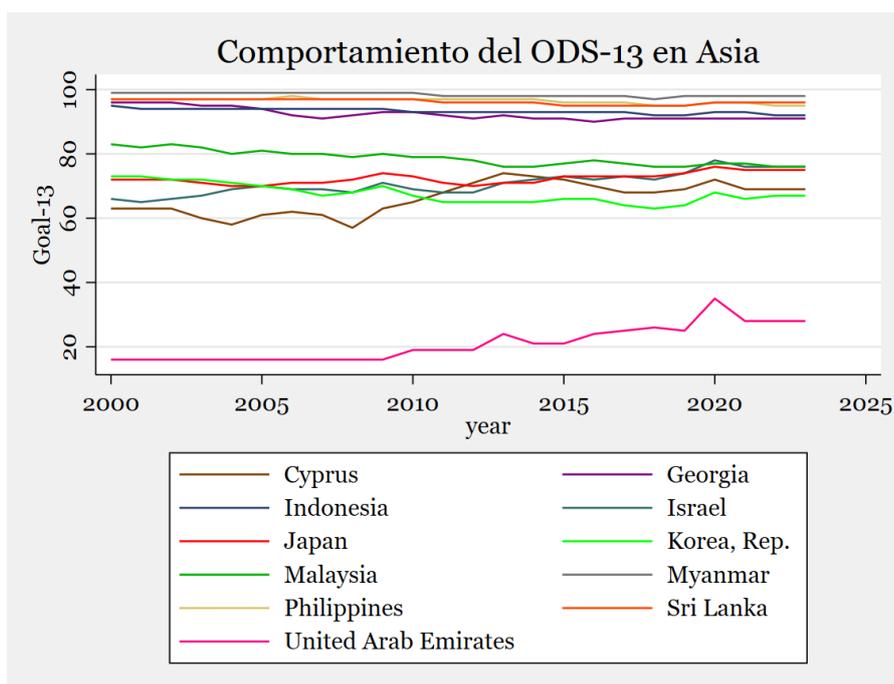
La figura 1 muestra la evolución de algunos países de América del Sur respecto al cumplimiento del ODS 13 entre 2000 y 2023. En términos generales, se observa que los países de la región conservan un nivel de cumplimiento por encima del 80% siendo Perú el mejor

posicionado con un cumplimiento relativamente estable y siempre mayor al 90%. Por otro lado, Chile es el país con el peor desempeño y además de comportamiento más inestable.

Los países, a pesar de mostrar cierta estabilidad, tienen una mejora abrupta del cumplimiento del ODS13 en 2020, esto se debe a la situación de emergencia sanitaria global que se atravesó gracias al COVID-19 que provocó una disminución significativa de las actividades industriales y, por lo tanto, la disminución de las emisiones de CO2 de todos los países incluidos los mostrados en este gráfico.

Figura 2

Comportamiento del ODS-13 en Asia



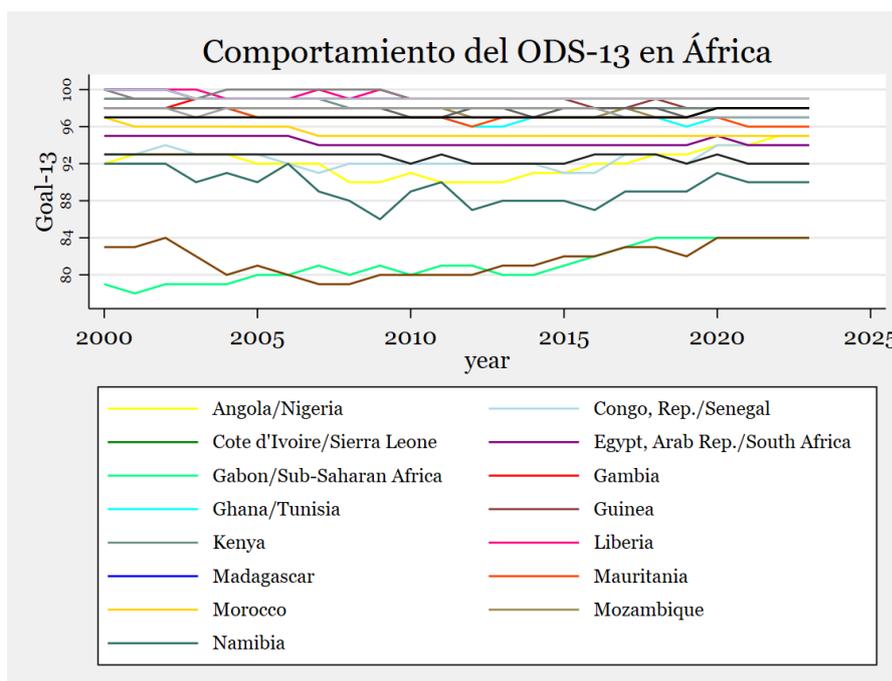
La figura 2, muestra el porcentaje de cumplimiento de ODS13 en países de la región de Asia. A diferencia de los países de América del Sur, los países asiáticos destacan por tener niveles de cumplimientos que difieren en gran medida debido a las realidades económicas, sociales y políticas de las respectivas regiones. Por ejemplo, Emiratos Árabes se encuentra como el país de peor rendimiento con un nivel de cumplimiento que hasta el 2013 no superó el 20%. Solo

hasta del 2015, año que coincide con la creación de los ODS, muestra un crecimiento estable por encima del 20%. Sin embargo, sigue siendo bajo en comparación con los niveles de otros países de la región, producto del alto nivel de industrialización de este país.

Países como; Myanmar, Sri Lanka, Filipinas, Indonesia y Georgia se mantienen en los niveles de cumplimiento más altos de la región asiática. A diferencia de otros del grupo señalados en el gráfico, estos países están en desarrollo, lo que significa que sus economías no tienen como pilar la industria, factor relevante para que muestren niveles tan altos de cumplimiento.

Figura 3

Comportamiento del ODS-13 en África



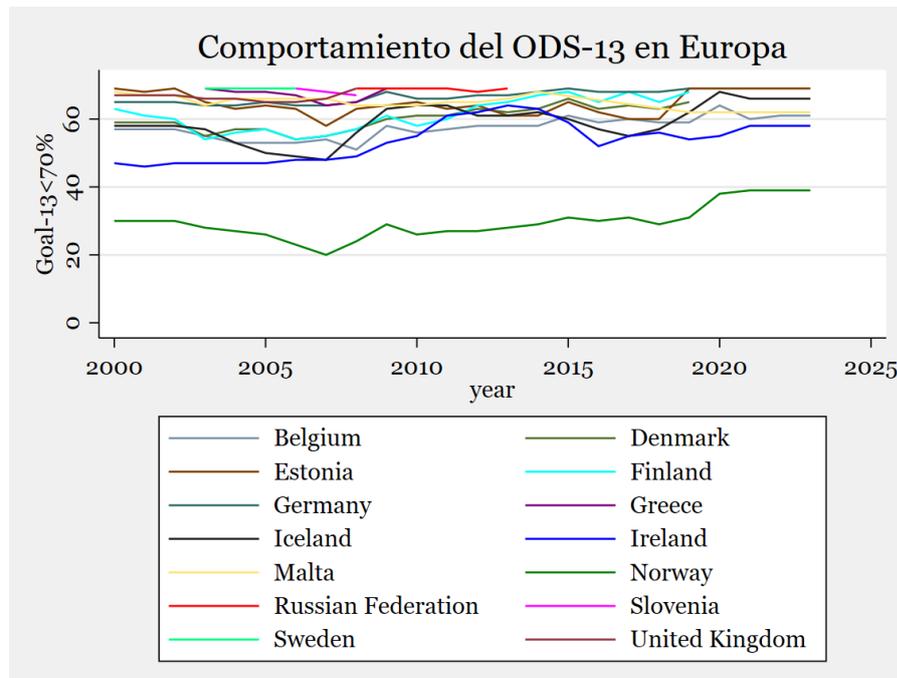
La figura 3 se presenta el comportamiento de la variable de cumplimiento del ODS13 para países del continente africano. El panorama general muestra que las naciones de esta región mantienen un nivel alto y consistente respecto al cumplimiento del ODS 13, por encima del 70%. Esta región particularmente mantiene varias de sus regiones con más del 95% de cumplimiento

del ODS 13 debido a que, si bien contribuyen muy poco al cambio climático, cuentan con bosques que sirven como sumideros de carbono (Climate & Clean Air Coalition, 2023) .

Asimismo, la ONU prevé una tendencia similar de esta variable para los siguientes años considerando que presentan planes nacionales de adaptación respecto al cambio climático más inclusivos, robustos y plausibles comparados con el resto de los continentes (United Nations Development Program, 2022).

Figura 4

Comportamiento del ODS-13 en Europa



La figura 4 presenta el comportamiento de 14 naciones de Europa que se mantienen en un rango de cumplimiento que va entre 40-70%, con excepción de Noruega. Esta última junto con Irlanda resultan tener el comportamiento más fluctuante. En el caso de Noruega, esta tiene una tendencia positiva puesto que en los últimos años se ha comprometido con los objetivos recomendados. Por ejemplo, desde 2017 anunció que para 2030 pretende disminuir el nivel de emisiones de CO₂ en 55% en comparación a los niveles mostrados en 1990. Asimismo, en

Irlanda la situación es similar desde 2021, año en el que publicó un proyecto de ley de acción climática.

3.2. Análisis econométrico

Para evaluar la relación entre las emisiones de CO₂ per cápita y diversos factores económicos y sociales, se ha estimado un modelo de Efectos Aleatorios Correlacionados (CRE) con errores robustos, que permite capturar la heterogeneidad estructural entre países y controlar por posibles correlaciones entre los efectos no observados y las variables explicativas. Este enfoque es particularmente adecuado para el análisis de datos de panel, ya que permite una interpretación más precisa de las diferencias estructurales y temporales entre las unidades de análisis.

La Tabla 2 presenta los coeficientes estimados del modelo, donde la variable dependiente es el logaritmo de las emisiones de CO₂ per cápita (\log_CO2tpc). Las variables explicativas incluyen factores económicos como el logaritmo PIB per cápita, el desempleo y la desigualdad (Gini), así como variables relacionadas con la sostenibilidad, tales como la intensidad energética, la eficiencia en el uso del nitrógeno y la implementación de políticas ambientales. Además, se incorporan los promedios de estas variables para controlar por heterogeneidad entre países y mejorar la interpretación de los resultados.

Tabla 2*Resultados del modelo de efectos aleatorios correlacionados*

	Log (CO2pc)
Log (PIB pc)	0.311*** (3.64)
Log (Población)	0.346 (1.56)
Desempleo	0.000259 (0.06)
GINI	0.00470* (2.12)
Intensidad Energética	-0.0150 (-0.51)
Uso de Nitrógeno	0.00149 (0.63)
Política Sostenible	-0.0936*** (-4.11)
Promedio log (PIB pc)	0.632*** (5.82)
Promedio Desempleo	0.0417*** (3.54)
Promedio log (Población)	-0.286 (-1.25)
Promedio GINI	-0.00418 (-1.14)
Promedio Política S.	-0.733 (-1.20)
Promedio Energía	0.0475 (1.69)
Promedio Nitrógeno	0.00129 (0.25)
Constate	-8.612*** (-8.68)
<i>N</i>	1800

Nota. t estadístico en paréntesis, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Un aumento del 1% en el PIB per cápita se asocia con un incremento aproximado del 0.311% en las emisiones de CO2 per cápita. Esta correlación positiva, aunque estadísticamente significativa, no implica una causalidad directa ni lineal, ya que, con el paso de los años esta relación ha sido impulsada por modelos de desarrollo industrial basados en combustibles fósiles,

que han vinculado estrechamente el crecimiento económico al consumo energético intensivo. Sin embargo, este impacto puede ser moderado en países con políticas ambientales efectivas.

Además, es fundamental destacar que esta relación no es inmutable debido a las limitaciones del modelo.

Aunque la relación estadística entre el crecimiento poblacional y las emisiones de CO₂ no es contundente, los datos sugieren una tendencia positiva y débil. Esto indica que, en promedio, un incremento en la población suele ir acompañado de un aumento proporcional en las emisiones per cápita. Esta relación se explica por el hecho de que una mayor población generalmente implica un mayor consumo de bienes y servicios, lo que a su vez eleva la demanda de energía y, consecuentemente, las emisiones de gases de efecto invernadero.

La evidencia empírica sugiere una correlación positiva entre la desigualdad de ingresos, medida por el índice de Gini, y las emisiones de CO₂ per cápita. Concretamente, un incremento de un punto en el índice de Gini se asocia con un aumento del 0.47% en las emisiones per cápita. Esta relación encuentra sustento en la lógica económica: los hogares más ricos, con mayor poder adquisitivo, tienden a demandar bienes y servicios que generan mayores emisiones, como viajes en avión, consumo de carne y viviendas de gran tamaño. Por el contrario, los hogares con menores ingresos suelen carecer de opciones para adoptar tecnologías limpias y eficientes, lo que los hace más vulnerables a los impactos del cambio climático y perpetúa las desigualdades existentes.

Los resultados obtenidos respecto a la intensidad energética, aunque no significativos estadísticamente, apuntan a una tendencia interesante. Un coeficiente negativo de -0.015 sugiere que, en teoría, una mayor eficiencia energética (menor intensidad energética) podría asociarse con una reducción en las emisiones de CO₂. Sin embargo, la falta de significancia estadística indica que esta relación no es concluyente en este análisis particular. A pesar de ello, la literatura

científica abunda en evidencia que respalda la hipótesis de que mejorar la eficiencia energética es una estrategia fundamental para mitigar el cambio climático. Es probable que factores como la calidad de los datos, la heterogeneidad de las muestras o la presencia de otras variables no controladas hayan influido en la falta de significancia estadística. Por lo tanto, se requieren investigaciones adicionales para confirmar o refutar esta relación y comprender mejor los mecanismos a través de los cuales la eficiencia energética afecta las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las políticas ambientales presentan un coeficiente negativo y significativo de (-0.094), lo que indica que la implementación de políticas ambientales está asociada con una reducción en las emisiones de CO₂ per cápita. Esto significa que, en promedio, los países que implementan políticas ambientales más rigurosas tienden a tener menores emisiones de gases de efecto invernadero. En otras palabras, la relación negativa entre las políticas ambientales y las emisiones de CO₂ es lógica y esperada, ya que, las políticas ambientales suelen estar diseñadas para incentivar la adopción de tecnologías limpias, mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de combustibles fósiles. Al promover estas acciones, las políticas ambientales contribuyen a una disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos respecto a la eficiencia en el uso del nitrógeno no revelan una relación estadísticamente significativa con las emisiones de CO₂. Además, muestra un coeficiente de 0.0015 que indica una tendencia muy débil, esto no es suficiente para afirmar que una mayor eficiencia en el uso de este nutriente esté asociada con una disminución en las emisiones. Este hallazgo contrasta con la expectativa generalizada en investigaciones previas, que suelen asociar la agricultura, y en particular el uso de fertilizantes nitrogenados, con un elevado porcentaje de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es posible que

otros factores, como las prácticas agrícolas específicas de la región estudiada, la eficiencia energética de otros procesos estén distorsionando esta relación esperada en el análisis.

Los coeficientes asociados a los años presentan una tendencia negativa y estadísticamente significativa a partir de 2004. Esto indica que, si todo lo demás se mantiene constante, las emisiones de CO₂ per cápita han disminuido de forma consistente a lo largo del periodo de estudio, lo que podría reflejar avances tecnológicos, políticas internacionales (como los compromisos del Acuerdo de París) o cambios estructurales en la economía global hacia fuentes de energía más limpias.

Los resultados muestran que una parte significativa de la variabilidad en las emisiones de CO₂ per cápita entre países está explicada por características específicas de cada nación, como lo indica el valor de $\rho=0.8985$. Esto implica que el 89.85% de la variabilidad de las emisiones de CO₂ per cápita pueden ser resultado de diferencias estructurales no observables, como el modelo energético predominante, el nivel de desarrollo tecnológico, o factores culturales y geográficos que afectan las emisiones de manera persistente. En cambio, solo el 10.15% de la variabilidad corresponde a fluctuaciones idiosincráticas dentro de los países a lo largo del tiempo, lo que resalta la importancia de las condiciones de largo plazo sobre los factores coyunturales.

La alta desviación estándar de los efectos específicos de cada país $\sigma_u = 0.4846$ confirma la relevancia de estos factores no observados, mientras que el menor valor del término de error idiosincrático $\sigma_e = 0.1628$ refleja que las variaciones anuales dentro de los países son más reducidas. En otras palabras, se puede inferir que, las políticas globales para reducir emisiones deben adaptarse a las condiciones particulares de cada nación, ya que las diferencias estructurales explican la mayor parte de las emisiones. Por ejemplo, los países con economías dependientes de combustibles fósiles requieren estrategias específicas que aborden su infraestructura energética y patrones de consumo para lograr reducciones significativas.

Dado que se está implementando efectos aleatorios correlacionados, la correlación entre los efectos no observados y las variables explicativas permite capturar de manera adecuada la heterogeneidad estructural entre países. Esto indica que cualquier intervención política para mitigar el cambio climático debe considerar tanto los factores históricos y estructurales propios de cada nación como las dinámicas temporales. Ignorar estas diferencias podría llevar a conclusiones erróneas y políticas ineficaces que no se ajusten a las realidades económicas, tecnológicas y sociales de cada contexto nacional.

La inclusión de la variable promedio del logaritmo del PIB per cápita resulta fundamental para controlar la heterogeneidad no observada entre países. Es importante destacar que representa un promedio de los valores individuales del PIB per cápita de cada unidad de análisis, el cual, a su vez, ya se encontraba incluido en el modelo. Al incorporar esta variable promedio, se busca capturar un efecto agregado del nivel de desarrollo económico en las emisiones de CO₂, complementando así la información proporcionada por las observaciones individuales del PIB per cápita.

Esta decisión metodológica se justifica por el hecho de que un mayor PIB per cápita promedio suele estar asociado a un mayor nivel de industrialización, consumo de energía y uso de transporte, factores que tradicionalmente se vinculan con un incremento en las emisiones de CO₂. Esta relación positiva entre el PIB per cápita promedio y las emisiones de CO₂ está ampliamente respaldada por la evidencia empírica.

Si bien el coeficiente estimado para la tasa promedio de desempleo es positivo, su falta de significancia estadística sugiere que no existe una relación causal clara y estructural entre el desempleo y las emisiones de CO₂ per cápita. Al controlar por la heterogeneidad no observada entre las unidades de análisis mediante el uso de efectos aleatorios correlacionados, se ha logrado

aislar de manera más precisa el efecto específico de la tasa de desempleo promedio sobre las emisiones. Sin embargo, los resultados no son concluyentes.

De la misma manera, no se encuentra evidencia empírica que sugiera que el tamaño promedio de la población tenga un efecto estructural significativo en las emisiones de CO₂ per cápita. Es decir, no se puede afirmar que un aumento en el tamaño promedio de la población esté asociado de manera consistente con un aumento o disminución en las emisiones. Los resultados muestran que la relación entre población y emisiones es más compleja y podría estar influenciada por otros factores socioeconómicos y ambientales.

El análisis empírico revela una relación positiva y significativa entre la intensidad energética promedio y las emisiones de CO₂ per cápita, es decir, que se puede inferir una asociación causal entre un mayor consumo de energía por unidad de PIB y un nivel más elevado de emisiones, lo que puede explicarse por el hecho de que países con una alta intensidad energética suelen depender en mayor medida de fuentes de energía fósil, menos eficientes y más contaminantes. Además, estas economías podrían tener una menor penetración de tecnologías limpias y eficientes, lo que exacerba su huella de carbono.

Finalmente, respecto al promedio de las políticas ambientales y sostenibles, aunque el coeficiente negativo apunta a una posible asociación negativa entre las políticas sostenibles promedio y las emisiones estructurales, la falta de significancia estadística indica que esta relación no es robusta. Esta incertidumbre podría deberse a que los efectos de estas políticas se manifiesten con un cierto retraso temporal o que estén influenciados por otros factores no contemplados en el modelo. En consecuencia, se necesitan estudios más detallados para determinar si existe un impacto estructural significativo y para comprender mejor los mecanismos a través de los cuales las políticas sostenibles afectan las emisiones.

Capítulo 4

4. Limitaciones

- El uso de los niveles de emisiones de CO₂ per cápita como indicador para medir el progreso hacia el ODS 13 representa una limitación importante en el enfoque del estudio. Si bien la reducción de emisiones es un aspecto central de la acción climática, el indicador no captura toda la complejidad integral de los objetivos establecidos por el ODS 13, ya que este objetivo incluye no solo la mitigación del cambio climático, sino también dimensiones igualmente relevantes, como la adaptación a los impactos climáticos, la preservación de la biodiversidad y la promoción de la justicia climática. En consecuencia, los factores relevantes encontrados en la sección de resultados solo representan variables que influyen en el componente preventivo del ODS 13, que busca disminuir la temperatura global del planeta y disminuir los efectos del cambio climático en el largo plazo.
- La heterogeneidad entre países representa una limitación clave en el análisis del progreso hacia el ODS 13, dado que los contextos económicos, sociales y políticos varían significativamente entre naciones. Esto afecta tanto la implementación como la efectividad de las políticas climáticas, así como los factores que impulsan o limitan las emisiones de CO₂ y otros indicadores ambientales.
- La validez de los resultados obtenidos en este análisis puede verse comprometida debido a posibles limitaciones en la representatividad de los datos utilizados dado que estos se concentran en un número reducido de 75 países con la finalidad de tener un panel balanceado. Además, esta falta de representatividad puede llevar a conclusiones erróneas, como asumir que las políticas climáticas exitosas en países desarrollados son igualmente aplicables a naciones con recursos limitados o condiciones sociales distintas. Por lo tanto,

la capacidad de generalizar los resultados a nivel mundial se ve restringida, lo que limita la utilidad práctica del estudio en el diseño de políticas globales o regionales.

Capítulo 5

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Luego aplicar el análisis descriptivo y econométrico de los factores asociados al cumplimiento del ODS 13, se obtienen las siguientes conclusiones:

Este estudio analiza la compleja interrelación entre el crecimiento económico, medido a través del Producto Interno Bruto (PIB) per cápita, el tamaño de la población, la intensidad energética, las políticas sostenibles y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Se observa una correlación positiva entre el PIB per cápita y las emisiones de CO₂ per cápita; un incremento del 1% en el PIB se vincula con un aumento del 0.311% en las emisiones. Esta tendencia apunta a que el modelo operativo económico depende de industrias que producen cantidades elevadas de emisiones derivadas del proceso productivo. No obstante, se enfatiza que esta relación no es fija y puede modificarse mediante la adopción de tecnologías más sostenibles y eficientes. En cuanto al impacto de la población, de la misma manera, se encuentra una relación positiva: un aumento del 1% en la población se asocia con un incremento del 0.346% en las emisiones per cápita. Es más, otro hallazgo relevante fue que la desigualdad económica también influye significativamente en la evaluación del cumplimiento del ODS-13. Los resultados obtenidos respaldaron esta conclusión coincidiendo con los hallazgos de la literatura revisada, en la cual se utilizó el índice Gini como indicador, de hecho, la relación entre este índice y las emisiones de CO₂ resultó ser positiva, lo que sugiere que, a mayor desigualdad económica, mayor es la probabilidad de incumplir con los objetivos relacionados con la acción climática.

Además, el estudio revela que las mejoras en la eficiencia energética juegan un papel crucial en la reducción de emisiones, contrarrestando la posible influencia negativa de una mayor intensidad energética. Esto indica que las economías están logrando un mayor rendimiento productivo con un menor consumo de energía, lo que reduce la intensidad de carbono y separa el

crecimiento económico del incremento de emisiones. Finalmente, la implementación de políticas ambientales robustas se asocia con una notable disminución de las emisiones de CO₂ per cápita, reflejando la efectividad de las medidas que fomentan tecnologías limpias y la eficiencia energética.

5.2 Recomendaciones

Los resultados que expone el presente estudio deben manejarse con cautela debido a factores como la poca representatividad en la muestra de países seleccionados para la base de datos, y errores en la especificación del modelo derivados de algunos factores.

En primer lugar, la muestra para este estudio es de 75 países debido a la disponibilidad de datos. Se procuró capturar la mayor cantidad de países dentro del estudio debido a que se esperaba hacerlo a nivel global. Sin embargo, asimismo se trató que el panel sea balanceado. Dando más prioridad a esta última característica, se sacrificó la representatividad de la muestra. Esto hace, entre otras cosas, que nuestro estudio pierda validez externa y no pueda asegurar haber identificado relaciones causales. Para mejorar la validez externa y poder hacer inferencias más generales, sería conveniente ampliar la muestra incluyendo países adicionales que, aunque no permitan un panel balanceado, ayuden a captar una mayor diversidad de contextos económicos y sociales. Alternativamente, se podría considerar realizar un análisis de sensibilidad para evaluar cómo las variaciones en la representatividad de la muestra afectan los resultados obtenidos. Además, se podría explorar la incorporación de técnicas estadísticas que permitan inferir relaciones causales con mayor robustez, como los modelos de variables instrumentales.

En contraste, este estudio explora una lista de factores cuya relación con el ODS 13 se puede explicar de forma más extensa y profunda en futuras investigaciones. Además, aunque las limitaciones del estudio no permiten proponer políticas públicas favorables a los estragos del cambio climático, la información recopilada en el documento promueve la discusión sobre ellas

para promover el avance de los países hacia una economía más sostenible, especialmente en términos ambientales.

Referencias

- Burke, M., Hsiang, S. M., & Miguel, E. (2015). *Global non-linear effect of temperature*. Nature.
- Catalán Alonso, H. (06 de 04 de 2021). Scielo. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362021000100059
- Climate & Clean Air Coalition. (2023). *Climate & Clean Air Coalition to reduce short-lived climate pollutants, a UNEP convened initiative*. Obtenido de Climate & Clean Air Coalition: <https://www.ccacoalition.org/es/partners/gabon>
- Dell, M., F. Jones, B., & A. Olken, B. (2012). Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *American Economic Journal: Macroeconomics* , 66–95.
- Eduardo Alatorre, J., & Fernández Sepúlveda, I. (2021). *Impactos macroeconómicos del Cambio Climático en América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- European Commission. (01 de 07 de 2021). *CORDIS EUROPA*. Obtenido de <https://cordis.europa.eu/article/id/32652-climate-change-demographics-matter/es>
- Georges, L. (26 de 01 de 2024). *World Wildlife Fund*. Obtenido de <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/el-pronostico-de-la-crisis-climatica-en-2024>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. (1995). Economic Growth and the Environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 353-377.
- Hernández Pérez, J. (2021). *Efecto del consumo de energía renovable en las emisiones de gases de efecto invernadero en países con ingresos bajos y altos*. México.
- Hossin, M. A., Xiong, S., Alemzero, D., & Abudu, H. (2023). Analyzing the Progress of China and the World in Achieving Sustainable Development Goals 7 and 13. *Sustainability*, 14115.
- IEA. (31 de 01 de 2024). *The relationship between growth in GDP and CO2 has loosened; it needs to be cut completely*. Obtenido de International Energy Agency: <https://www.iea.org/commentaries/the-relationship-between-growth-in-gdp-and-co2-has-loosened-it-needs-to-be-cut-completely>

- International Energy Agency (IEA). (2024). *Policies database*. Obtenido de <https://www.iea.org/policies?type%5B0%5D=Government%20spending%20for%20efficient%20or%20cleaner%20technologies&type%5B1%5D=Carbon%20pricing%20instruments&topic%5B0%5D=Buildings&topic%5B1%5D=Industry&topic%5B2%5D=Transport&topic%5B3%5D=Fuels%20and%20techno>
- Jeffrey D., S., Guillaume, L., & Grayson, F. (2024). *Sustainable Development Report 2024*. Ireland: Dublin University Press Dublin.
- Jiang, L., & Hardee, K. (2011). How do Recent Population Trends Matter to Climate Change? *Population Research and Policy Review*, 287-312.
- Liobikienė, G., & Butkus, M. (2017). Environmental Kuznets Curve of greenhouse gas emissions including technological progress and substitution effects. *Energy Economics*, 237-248.
- Monsalve S, M. M. (20 de 07 de 2024). Obtenido de <https://elpais.com/mexico/2024-06-20/el-cambio-climatico-multiplica-la-probabilidad-de-olas-de-calor-mortales-en-mexico-ee-uu-y-centroamerica.html>
- Ordóñez, R., & Martín, N. (24 de 10 de 2024). *El Independiente* . Obtenido de <https://www.elindependiente.com/futuro/2024/10/24/cambio-climatico-amoc/>
- Organización Internacional del Trabajo (OIT), & Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021). *Informe sobre la descarbonización y el empleo en América Latina y el Caribe (Primera parte)*.
- Pacto Mundial . (25 de 02 de 2024). *Pacto Mundial Red Española*. Obtenido de <https://www.pactomundial.org/noticia/siete-tendencias-en-sostenibilidad-empresarial-para-2024/>
- Planelles, M. (21 de 04 de 2024). *El País*. Obtenido de <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2024-04-22/la-mortalidad-vinculada-al-calor-ha-aumentado-un-30-en-las-ultimas-dos-decadas-en-europa.html>
- Sompolska-Rzechuła, A., & Kurdyś-Kujawska, A. (2021). Towards understanding interactions between sustainable development goals: The role of climate-well-being linkages. *Energies*, 2025.
- Swiss Re Institute. (2021). *The economics of climate change*: .
- United Nations Development Program. (25 de July de 2022). *Climate Change UNDP*. Obtenido de Climate Change UNDP: <https://climatepromise.undp.org/research-and-reports/regional-snapshot-africa>

- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge, Massachusetts, EE. UU.: The MIT Press.
- Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach (5th ed.)*. Boston, MA: Cengage Learning.
- Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach (5th ed.)*. Boston, MA: Cengage Learning .
- World Bank . (2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PRIM.PP.KD>
- World Bank. (2024). *Carbon dioxide (CO2) emissions (total) excluding LULUCF (Mt CO2e)*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/EN.GHG.CO2.MT.CE.AR5>
- World Bank. (2024). *Carbon intensity of GDP (kg CO2e per 2021 PPP \$ of GDP)*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/EN.GHG.CO2.RT.GDP.PP.KD>
- World Bank. (12 de 2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- World Bank. (12 de 2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>
- World Bank. (12 de 2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.NE.ZS>
- World Bank. (12 de 2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PRIM.PP.KD>
- World Bank. (12 de 2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.LE00.IN>
- World Bank. (2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/AG.PRD.LVSK.XD>
- World Bank. (16 de 12 de 2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/SL.UEM.TOTL.NE.ZS>
- World Bank. (2024). *World Bank Group*. Obtenido de <https://data.worldbank.org/indicator/EG.FEC.RNEW.ZS>

Anexos

Anexo 1. Modelo de efectos aleatorios correlacionados

Tabla 3

Resultados del modelo de efectos aleatorios correlacionados

VARIABLES	(1) log_co2tpc
2001.year	0.014 (0.027)
2002.year	-0.022 (0.027)
2003.year	-0.036 (0.027)
2004.year	-0.072*** (0.027)
2005.year	-0.074*** (0.028)
2006.year	-0.134*** (0.029)
2007.year	-0.178*** (0.030)
2008.year	-0.249*** (0.031)
2009.year	-0.273*** (0.031)
2010.year	-0.266*** (0.032)
2011.year	-0.294*** (0.033)
2012.year	-0.299*** (0.033)
2013.year	-0.293*** (0.035)
2014.year	-0.319*** (0.034)
2015.year	-0.266*** (0.034)
2016.year	-0.284*** (0.034)
2017.year	-0.316*** (0.035)
2018.year	-0.323*** (0.036)
2019.year	-0.345*** (0.036)
2020.year	-0.428***

	(0.035)
2021.year	-0.398***
	(0.038)
2022.year	-0.414***
	(0.038)
2023.year	-0.394***
	(0.039)
lpibpc	0.311***
	(0.020)
lpobl	0.346***
	(0.049)
unemp	0.000
	(0.002)
gini	0.005***
	(0.001)
energyint	-0.015***
	(0.005)
eficienciaNitr	0.001**
	(0.001)
police	-0.094***
	(0.014)
mean_gdppc	0.632***
	(0.068)
mean_unemp	0.042***
	(0.014)
mean_pobl	-0.286***
	(0.067)
mean_police	-0.733
	(0.614)
mean_energy	0.048*
	(0.025)
mean_nitr	0.001
	(0.005)
mean_gini	-0.004
	(0.003)
Constant	-8.612***
	(0.937)
Observations	1,800
Number of idcountry	75

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Anexo 2. Test de Hausman

Tabla 4

Resultados de la prueba de Hausman

Test de Hausman	
H0:	Difference in coefficients not systematic
Chi2(30):	$(b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 0.00$
Prob > chi2:	1.0000

Anexo 3. Test de Breusch–Pagan para determinar Heterocedasticidad

Tabla 5

Resultados de la prueba de Breusch–Pagan

Test de Breusch–Pagan	
Breusch–Pagan/Cook–Weisberg test for heteroskedasticity	
Assumption: Normal error terms	
Variable: Fitted values of log_co2tpc	
H0:	Constant variance
Chi2(1):	4.55
Prob > chi2:	0.0328

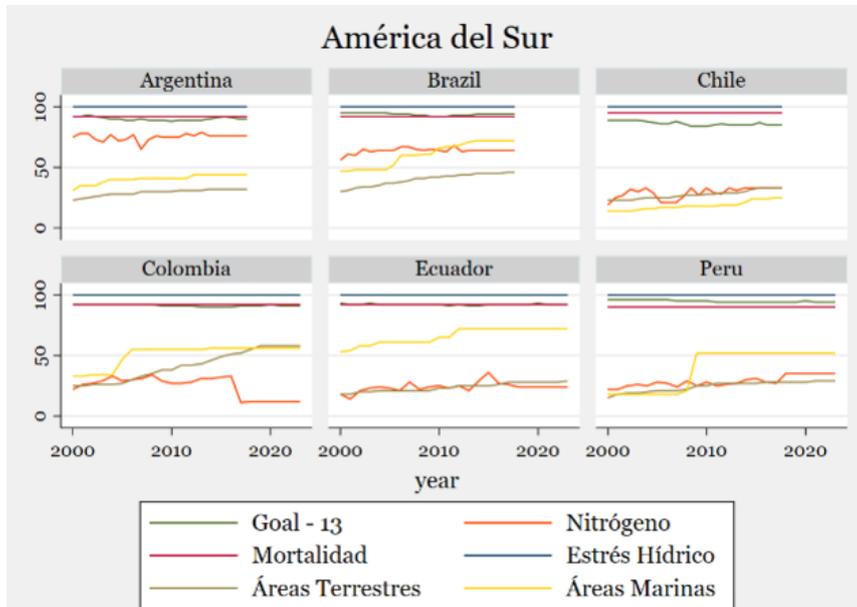
Anexo 4. Test de Wooldridge para determinar Autocorrelación

Tabla 6

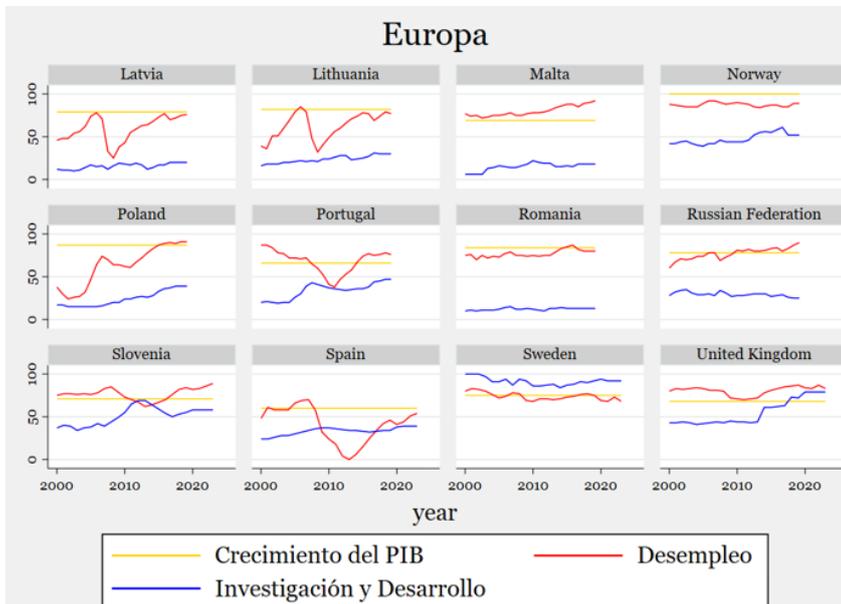
Resultados de la prueba de Wooldridge

Test de Wooldridge	
Wooldridge test for autocorrelation in panel data	
H0:	No first-order autocorrelation
F(1, 74)	161.446
Prob > chi2:	0.0000

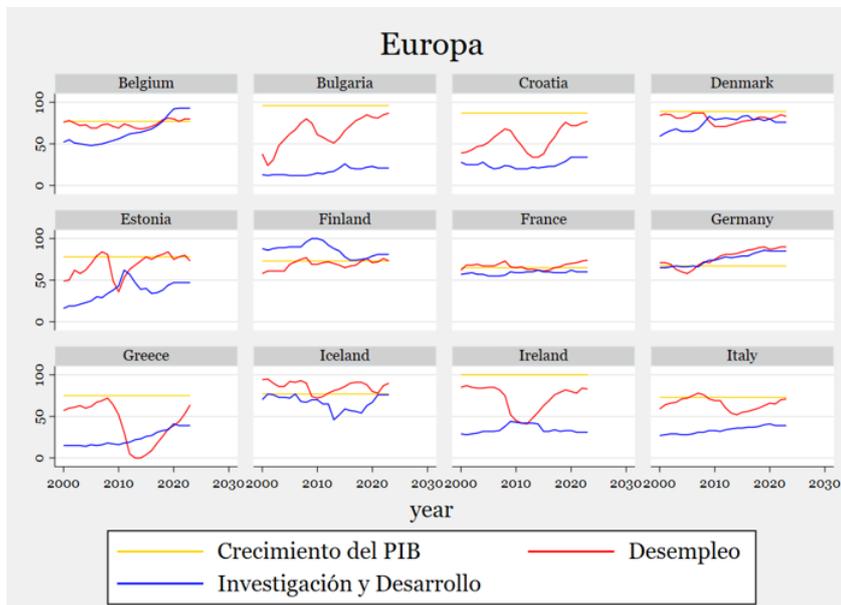
Anexo 5. Comportamientos de variables descriptivas para América del Sur.



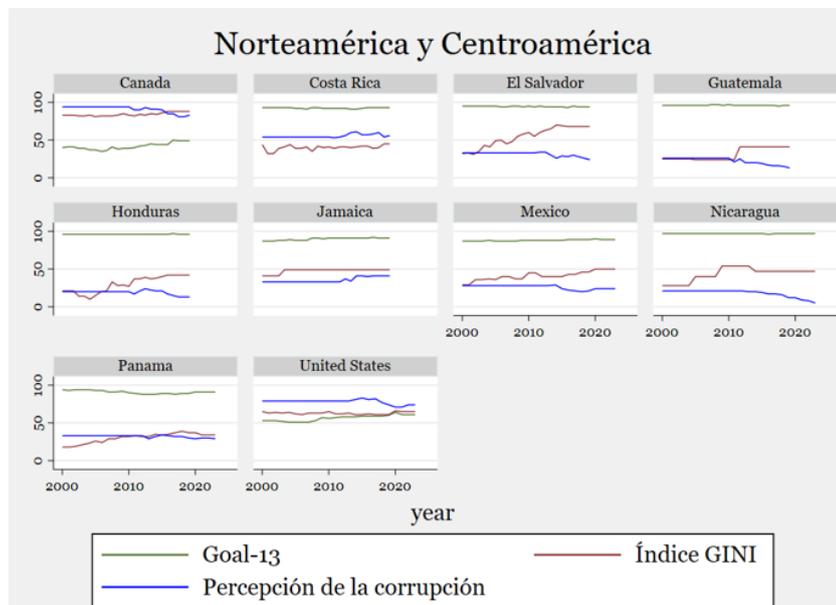
Anexo 6. Comportamiento de variables descriptivas para Europa 1.



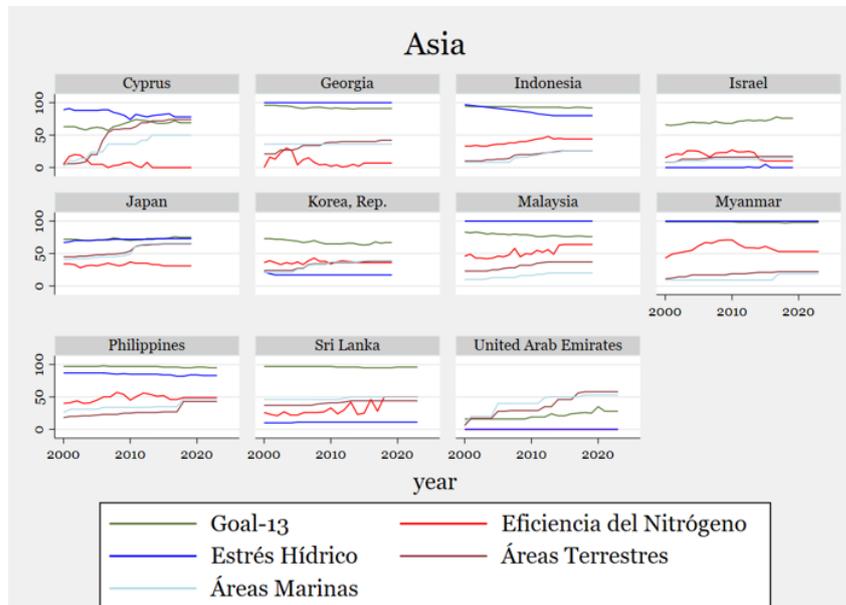
Anexo 7. Comportamiento de variables descriptivas para Europa 2.



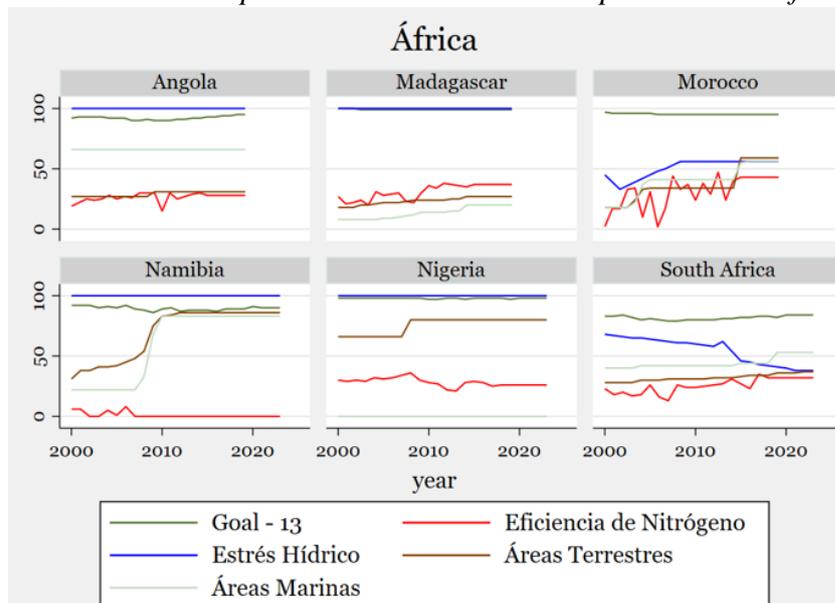
Anexo 8. Comportamiento de Variables Explicativas para Norteamérica y Centroamérica



Anexo 9. Comportamiento de variables descriptivas para Asia



Anexo 10. Comportamiento de variables explicativas en África



Anexo 11. Código en Stata

```
/*=====
*                MODELO DE EFECTOS ALEATORIOS CORRELACIONADOS                *
=====
Autores: Johnny Avilés                                johaavil@espol.edu.ec
          Milady Bailon                               mnbailon@espol.edu.ec
=====*/
```

```
clear all
set more off, permanently
import excel "C:\Users\JAviles\Desktop\Tesis\PaneltesisV6.xlsx", sheet("panel") firstrow
format year %ty
encode Country, gen(idcountry) //Ordenar los países por año
xtset idcountry year // Definir panel
```

```
* =====
* 1. Clasificar los países por región
* =====
```

```
gen region = ""
```

```
* Asignar regiones a cada país
```

```
*****ÁFRICA*****
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Angola")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Congo, Rep.")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Cote d'Ivoire")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Gabon")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Gambia, The")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Ghana")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Guinea")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Kenya")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Liberia")
```

```
replace region = "África" if inlist(Country, "Madagascar")
```

replace region = "África" if inlist(Country, "Mauritania")
replace region = "África" if inlist(Country, "Morocco")
replace region = "África" if inlist(Country, "Mozambique")
replace region = "África" if inlist(Country, "Namibia")
replace region = "África" if inlist(Country, "Nigeria")
replace region = "África" if inlist(Country, "Senegal")
replace region = "África" if inlist(Country, "Sierra Leone")
replace region = "África" if inlist(Country, "South Africa")
replace region = "África" if inlist(Country, "Sub-Saharan Africa")
replace region = "África" if inlist(Country, "Tanzania")
replace region = "África" if inlist(Country, "Tunisia")
replace region = "África" if inlist(Country, "Egypt, Arab Rep.")

*****AMÉRICA DEL NORTE*****

replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Canada")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Costa Rica")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "El Salvador")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Guatemala")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Honduras")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Jamaica")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Mexico")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Nicaragua")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "Panama")
replace region = "América del Norte y Centroamérica" if inlist(Country, "United States")

*****América del Sur*****

replace region = "América del Sur" if inlist(Country, "Argentina")
replace region = "América del Sur" if inlist(Country, "Brazil")
replace region = "América del Sur" if inlist(Country, "Chile")
replace region = "América del Sur" if inlist(Country, "Colombia")
replace region = "América del Sur" if inlist(Country, "Ecuador")
replace region = "América del Sur" if inlist(Country, "Peru")

*****ASIA*****

replace region = "Asia" if inlist(Country, "Cyprus")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Georgia")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Indonesia")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Israel")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Japan")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Korea, Rep.")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Malaysia")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Myanmar")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Philippines")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "Sri Lanka")
replace region = "Asia" if inlist(Country, "United Arab Emirates")

*****EUROPA*****

replace region = "Europa" if inlist(Country, "Belgium")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Bulgaria")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Croatia")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Denmark")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Estonia")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Finland")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "France")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Germany")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Greece")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Iceland")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Ireland")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Italy")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Latvia")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Lithuania")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Malta")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Norway")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Poland")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Portugal")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Romania")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Russian Federation")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Slovenia")

```
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Spain")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "Sweden")
replace region = "Europa" if inlist(Country, "United Kingdom")
```

```
*****OCEANÍA*****
```

```
replace region = "Oceanía" if inlist(Country, "Australia")
replace region = "Oceanía" if inlist(Country, "Papua New Guinea")
```

```
* =====
```

```
* 2. CLASIFICAR INGRESOS --> Solo activar para el gráfico
```

```
* =====
```

```
/**Crear una variable para clasificar ingresos*****
```

```
* Crear una nueva variable para la clasificación por ingresos
```

```
gen income_group = .
```

```
* Clasificación de países por ingreso basado en los umbrales actuales del Banco Mundial (puedes  
ajustarlos)
```

```
foreach year of numlist 2000/2023 {
```

```
    * Actualiza los umbrales si han cambiado con el tiempo (los valores son ejemplos)
```

```
    local low_income 1135
```

```
    local lower_middle_income 4465
```

```
    local upper_middle_income 13845
```

```
    * Asignar la clasificación según el ingreso per cápita
```

```
    replace income_group = 1 if year == `year' & gdppc <= `low_income'
```

```
    replace income_group = 2 if year == `year' & gdppc > `low_income' & gdppc <=  
`lower_middle_income'
```

```
    replace income_group = 3 if year == `year' & gdppc > `lower_middle_income' & gdppc <=  
`upper_middle_income'
```

```
    replace income_group = 4 if year == `year' & gdppc > `upper_middle_income'
```

```
}
```

```

* Etiquetar los valores de la variable income_group
label define income_group_lbl 1 "Low income" 2 "Lower middle income" 3 "Upper middle
income" 4 "High income"
label values income_group income_group_lbl

```

```

* Verificar la clasificación
list idcountry year gdpcc income_group if !missing(income_group), sepby(idcountry)

```

```

* Resumen por grupo de ingresos
tabulate income_group    ///Hacer tabla en word

```

```

////////////////////////////////////

```

```

*****Gráfica de los ingresos*****

```

```

xtset idcountry year    // Definir panel

```

```

* Crear una variable indicadora para cada grupo de ingresos

```

```

gen low_income = (income_group == 1)
gen lower_middle_income = (income_group == 2)
gen upper_middle_income = (income_group == 3)
gen high_income = (income_group == 4)

```

```

* Crear una tabla resumen con proporciones por año

```

```

collapse (sum) low_income lower_middle_income upper_middle_income high_income, by(year)
gen total_countries = low_income + lower_middle_income + upper_middle_income +
high_income
gen pct_low = low_income / total_countries * 100
gen pct_lower_middle = lower_middle_income / total_countries * 100
gen pct_upper_middle = upper_middle_income / total_countries * 100
gen pct_high = high_income / total_countries * 100

```

```

* Gráfica de barras apiladas

```

```

graph bar pct_low pct_lower_middle pct_upper_middle pct_high, ///
over(year, label(angle(90))) stack ///

```

```

bar(1, color(purple)) bar(2, color(yellow)) bar(3, color(orange)) bar(4, color(pink)) ///
legend(label(1 "Low Income") label(2 "Lower Middle Income") ///
        label(3 "Upper Middle Income") label(4 "High Income")) ///
title("Distribution of Income Groups by Year") ytitle("Percentage")

```

```
*/
```

```
* =====
```

```
* 3. Estadísticas descriptivas
```

```
* =====
```

```
*Variables
```

```

* co2tpc gdppc carbonInt eficienciaNitr agricola urban lifeexpentancy freshwat electricity
renewEnergyt unemp expResearch gini protectAte protectAma cpi poprec pibUS population
energyint livestockprod police
corr co2tpc gdppc unemp population gini energyint eficienciaNitr police
describe

```

```
*Estadísticas descriptivas
```

```
xtsum //Resumen de las variables
```

```
*gráfico de dispersión GOAL 13 PIB PC
```

```
correlate
```

```
*Coeficiente de variación
```

```

foreach var in co2tpc gdppc carbonInt eficienciaNitr agricola urban lifeexpentancy freshwat
electricity renewEnergyt unemp expResearch gini protectAte protectAma cpi poprec pibUS
population energyint livestockprod police{
    summarize `var', detail
    local mean = r(mean)
    local sd = r(sd)
    display "`var': Coeficiente de Variación = " (^sd' / `mean') * 100
}

```

```
*GRÁFICOS DESCRIPTIVOS
```

```
*xtline co2tpc eficienciaNitr energyint agricola carbonInt if region=="América del Sur"
```

```
* =====
```

```
* 4. TEST DE ESTACIONARIEDAD --> (Levin-Lin-Chu)
```

```
* =====
```

```
*Estacionariedad
```

```
foreach var in co2tpc gdppc carbonInt eficienciaNitr agricola urban lifeexpentancy freshwat  
electricity renewEnergyt unemp expResearch gini protectAte protectAma cpi popcrec pibUS  
population energyint livestockprod police{  
    xtunitroot llc `var'  
}
```

```
*ESTACIONARIAS
```

```
//gdppc carbonInt eficienciaNitr agricola lifeexpentancy electricity gini protectAma protectAte  
popcrec population energyint
```

```
*NO ESTACIONARIAS
```

```
//co2tpc urban freshwat renewEnergyt unemp expResearch cpi pibUS livestockprod police
```

```
* =====
```

```
* 4. MODELO CRE
```

```
* =====
```

```
gen log_co2tpc=log(co2tpc)
```

```
gen lpobl= log(population)
```

```
gen lpibpc= log(gdppc)
```

```
*1: Calcular las medias de las variables independientes:
```

```
bysort idcountry: egen mean_gdppc = mean(lpibpc)
```

```
bysort idcountry: egen mean_pobl = mean(lpobl)
```

```
bysort idcountry: egen mean_unemp = mean(unemp)
```

```
bysort idcountry: egen mean_gini = mean(gini)
```

```
bysort idcountry: egen mean_police = mean(police)
bysort idcountry: egen mean_energy = mean(energyint)
bysort idcountry: egen mean_nitr = mean(eficienciaNitr)
```

*2. Ejecutar el modelo

```
xtreg log_co2tpc i.year lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police, fe vce(cluster idcountry)
```

*3. Ejecutar el modelo de efectos aleatorios con las medias (test de Mundlak):

```
xtreg log_co2tpc i.year lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc mean_unemp mean_pobl mean_police mean_gini mean_energy mean_nitr, re vce(cluster idcountry)
```

* =====

* 4.1 Test para comprobar CRE - MUNDLAK

* =====

```
test mean_gdppc mean_unemp mean_pobl mean_police mean_energy mean_nitr mean_gini
```

*se tiene correlated re

* Si los coeficientes de los promedios (mean_X) son significativos, entonces existe correlación entre las variables explicativas y los efectos no observados (u_i), lo que valida el uso del modelo CRE.

* =====

* 4.1 HAUSMAN

* =====

* Estimación del modelo de efectos fijos

```
xtreg log_co2tpc i.year lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police, fe
```

* Guardar los coeficientes de efectos fijos

```
estimates store fixed
```

* Estimación del modelo de efectos aleatorios

```
xtreg log_co2tpc i.year lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc mean_unemp mean_pobl mean_police mean_energy mean_nitr mean_gini
```

* Guardar los coeficientes de efectos aleatorios

estimates store random

* Prueba de Hausman

hausman fixed random, sigmamore

matrix H = r(chi2), r(p)

outreg2 using hausman_test.doc, replace excel dec(3)

*SUGIERE USO DE EFECTOS ALEATORIOS CORRELACIONADOS

* Crear documento Word

putdocx begin

* Ejecutar el test de Hausman

hausman fixed random, sigmamore

* Guardar el estadístico y el valor p en variables locales

local chi2 = r(chi2)

local pval = r(p)

* Insertar una tabla en Word con los resultados

putdocx table testHausman = (2,2)

putdocx table testHausman(1,1) = ("Estadístico Chi2")

putdocx table testHausman(1,2) = ("Valor p")

putdocx table testHausman(2,1) = (`chi2`)

putdocx table testHausman(2,2) = (`pval`)

* Guardar el documento Word

putdocx save hausman_test.docx, replace

* =====

* 4.2 HETEROCEDASTICIDAD Breusch-Pagan

* =====

* Convertir el modelo a una regresión agrupada

```
regress log_co2tpc i.year lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc  
mean_unemp mean_pobl mean_nitr mean_police mean_energy mean_gini
```

* Realizar la prueba de Breusch-Pagan

```
estat hettest
```

*Se tiene problemas de heterocedasticidad, lo que sugiere el uso de errores robustos a heterocedasticidad y autocorrelación

* =====

* 4.3 AUTOCORRELACIÓN Wooldridge

* =====

```
xtserial log_co2tpc lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc  
mean_unemp mean_pobl mean_police mean_energy mean_nitr mean_gini
```

*El modelo también presenta problemas de autocorrelación, por lo que se sigue usando errores robustos a heterocedasticidad y autocorrelación

```
xtreg log_co2tpc i.year lplibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc  
mean_unemp mean_pobl mean_police mean_energy mean_nitr mean_gini, re vce(cluster  
idcountry)
```

* =====

* 4.4 PRUEBA DE NORMALIDAD DE JARQUE BERA

* =====

* Obtener los residuos del modelo de efectos aleatorios

```
predict uhat, e
```

* Prueba de Jarque-Bera para normalidad

```
sktest uhat
```

*existen problemas de normalidad en los errores

*Pero los Errores estándar robustos ayudan a corregir problemas de heterocedasticidad y autocorrelación, pero no solucionan la no normalidad de los residuos. Sin embargo, las inferencias

basadas en errores estándar robustos siguen siendo válidas bajo ciertas condiciones, especialmente si el tamaño de la muestra es grande debido al Teorema del Límite Central.

* =====

* 4.5 PRUEBA DE MULTICOLINEALIDAD (VIF)

* =====

```
regress log_co2tpc i.year lpibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police
estat vif
```

* Graficar los residuos

```
predict uhat1, e
scatter uhat1 log_co2tpc
```

* =====

* 4.6 Test DE ESPECIFICACIÓN - Ramsey RESET test for omitted variables

* =====

* Realizar un test RESET

```
regress log_co2tpc i.year lpibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc
mean_unemp mean_pobl mean_nitr mean_gini mean_police mean_energy
```

```
estat ovtest
```

*Revisar problemas de especificación--> Limitaciones

* =====

* EXPORTAR EL MODELO

* =====

```
xtreg log_co2tpc i.year lpibpc lpobl unemp gini energyint eficienciaNitr police mean_gdppc
mean_unemp mean_pobl mean_gini mean_police mean_energy mean_nitr, re vce(cluster
idcountry)
eststo model1
esttab model1 using results.rtf, replace
```