

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 7 sobre energía asequible y no contaminante?

ADMI-1172

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Economista

Presentado por:

Nombres y Apellidos

Tiffany Nicole Salvatierra Hansen Vik

Juan Pablo Orellana Barzola

Guayaquil - Ecuador

Año: 2024

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que, de una u otra forma, hicieron posible la culminación de esta etapa tan importante en mi vida. A mis padres, Erika Hansen Vik y John Salvatierra, por ser mi mayor fuente de motivación, por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí y por enseñarme a nunca rendirme. A Ricardo Poveda, por ser mi compañía durante los momentos más difíciles en ESPOL, por su generosidad al brindarme su ayuda siempre que la necesité. y por recordarme que soy capaz de lograr mis metas. A Dayana Rivas, Josué Cruz y Dhira Ordóñez, por desearme suerte cada día y por su confianza inquebrantable en mi capacidad para hacer un buen trabajo. A mi compañero de tesis, Juan Pablo Orellana, por su disposición y apoyo incondicional en todo momento durante este proceso.

-Tiffany Salvatierra

Agradecimientos

A todas las personas y organizaciones que nos proporcionaron un espacio, equipamiento e internet para progresar con este trabajo durante los cortes energéticos programados de hasta 14 horas en Ecuador, entre octubre y diciembre de 2024.

A mamá y papá, los motores y gestores principales de los logros de mi etapa universitaria.

A Tiffany, por confiar y apoyar en este proyecto de materia integradora desde el primer día.

A Fabricio Zanzzi, por insertarme en el mundo de la econometría espacial.

A Wladimir, Nico, Jorge y Emily, por proporcionarme muchas herramientas y alimentarme un interés genuino por la investigación económica.

A todos mis amigos y colegas de la carrera que ensalzaron y enriquecieron cada día invertido en la universidad.

-Juan Pablo Orellana

Declaración Expresa

Nosotros, Juan Pablo Orellana Barzola y Tiffany Nicole Salvatierra Hansen Vik, acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o 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 del autor o 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 mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/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, 17 de octubre del 2024.



Juan Pablo Orellana Barzola



Tiffany Nicole Salvatierra
Hansen Vik

Evaluadores

María Cristina Aguirre Valverde

Profesor de Materia

Gonzalo Gabriel Villa Cox

Tutor de proyecto

Resumen

Este estudio analiza los determinantes del progreso hacia el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7) sobre energía asequible y no contaminante en países de ingresos bajos y medios.

Mediante un análisis econométrico espacial con datos de panel (2000-2022), se examina cómo la infraestructura, el marco institucional, la gobernanza y las políticas socioeconómicas influyen en el logro de estas metas energéticas. La investigación emplea un modelo espacial de Durbin con matrices de pesos espaciales para analizar la interdependencia regional. Las variables estudiadas incluyen el índice de progreso del ODS 7, indicadores económicos, infraestructura energética y gobernanza. El modelo revela que la solidez del marco legal, el empleo formal y población rural tienen una influencia significativa en el progreso hacia el ODS 7. El análisis identifica importantes efectos de derrame entre países vecinos, demostrando que el cumplimiento de las metas energéticas depende tanto de las capacidades internas como de la interdependencia regional. Estos hallazgos son relevantes para el diseño de políticas y la cooperación internacional en el sector energético.

Palabras Clave: Energía, Sostenibilidad, Econometría espacial, ODS, Desarrollo.

Abstract

This research examines the determinants of progress towards Sustainable Development Goal 7 (SDG 7) on affordable and clean energy in low and middle-income countries. Using spatial panel econometric techniques with data from 2000-2022, the study analyzes how infrastructure development, institutional frameworks, governance quality, and socioeconomic policies influence energy access outcomes. The study employs a spatial Durbin panel model with spatial weight matrices to capture regional interdependencies. Variables include the SDG 7 progress index, economic indicators, energy infrastructure metrics, and governance indices. Results demonstrate that legal framework robustness, formal employment and rural population significantly influence progress, with institutional factors showing particular importance in developing contexts. The findings reveal substantial spatial spillover effects, indicating that a country's progress toward SDG 7 is influenced by neighboring countries' performance. The analysis identifies distinct patterns of spatial dependence across regions, with implications for policy intervention. These findings contribute to understanding the spatial dimensions of sustainable energy development and provide evidence-based insights for policy formulation.

Keywords: Energy Access, Sustainability, Spatial Econometrics, SDGs, Development Economics, Panel Data Analysis

Índice general

Resumen	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general	III
Abreviaturas	IV
Simbología	V
Índice de figuras	VI
Índice de tablas.....	VI
Capítulo 1	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Descripción del Problema.....	3
1.3 Justificación del Problema.....	5
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
1.5 Marco teórico.....	8
1.5.1 Evolución del Tratamiento de la Energía.....	8
1.5.2 Análisis del avance actual por indicador.....	12
Capítulo 2	16
2. Metodología.	17
2.1 Diseño y enfoque de investigación.....	17
2.1.1 Tipo de investigación	17
2.1.2 Justificación del Enfoque Econométrico Espacial	17
2.2 Población y Datos.....	18
2.2.1 Criterios de Selección.....	18
2.2.2 Descripción de la población final.....	18
2.3 Recolección y Tratamiento de Datos.....	19
2.3.1 Fuentes de información	19
2.3.2 Variable Dependiente.....	20
2.4 Modelo Econométrico	23
2.4.1 Especificación del Modelo.....	23
2.4.2 Justificación de transformación logarítmica	24
2.5 Análisis de dependencia espacial	25
2.6 Selección de pesos espaciales.....	26
Capítulo 3	28
3. Resultados y análisis	29
3.1 Tests de dependencia especial	29

3.2	Análisis de regresión espacial.....	32
3.2.1	Infraestructura y capacidad energética renovable	32
3.2.2	Marco institucional y gobernanza	32
3.2.3	Globalización y mercado laboral.....	32
3.2.4	Paradojas del desarrollo y desafíos estructurales	33
3.2.5	Financiamiento internacional y cooperación.....	34
3.2.6	Efectos espaciales y externalidades regionales	35
3.3	Limitaciones del estudio	38
3.3.1	Endogeneidad y Causalidad Reversa	38
3.3.2	Limitaciones en los Datos	38
3.3.3	Especificación del Modelo	39
3.3.4	Consideraciones Temporales.....	39
Capítulo 4	40
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	41
4.1	Conclusiones.....	41
4.2	Recomendaciones	42

Abreviaturas

GLP	Gas licuado de petróleo
GMM	Método Generalizado de Momentos
IEA	International Energy Agency
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
SDG	Sustainable Development Goals
SDM	Spatial Durbin Model
SDSN	Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible
SE4ALL	Energía Sostenible para Todos
UNSD	División de Estadísticas de las Naciones Unidas

Simbología

CO ₂	Dióxido de Carbono
GW	Gigavatio
MJ	Megajulio
MtCO ₂ e	Toneladas métricas equivalentes de Dióxido de Carbono
MWh	Megavatio-hora
tCO ₂	Dióxido de Carbono Total
USD	Dólar estadounidense

Índice de figuras

Figura 1	30
Figura 2	31

Índice de tablas

Tabla 1	10
Tabla 2	19
Tabla 3	21
Tabla 4	24
Tabla 5	29

Capítulo 1

1.1 Introducción

La presente investigación examina el acceso universal a energía sostenible como pilar fundamental del desarrollo humano, específicamente en el marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7): "*Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos*", establecido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) durante la Cumbre de Desarrollo Sostenible de 2015. Este análisis cobra particular relevancia ante la persistente brecha energética global, donde para 2022, 685 millones de personas viven sin acceso a la electricidad y aproximadamente 3,000 millones dependen de fuentes tradicionales de biomasa para cocina y calefacción (Banco Mundial, 2024b). En este contexto, el estudio se centra en identificar y analizar los factores determinantes que influyen en el cumplimiento del ODS 7 en países de ingreso bajo y medio, con el propósito de comprender los mecanismos que facilitan o dificultan la transición hacia sistemas energéticos sostenibles.

La justificación de esta investigación se fundamenta en el papel crucial que desempeña la energía como catalizador del desarrollo socioeconómico. La evidencia empírica ha demostrado consistentemente que el acceso a energía moderna impulsa el surgimiento de microempresas, mejora la productividad agrícola y facilita la integración de comunidades rurales en cadenas de valor modernas. Más allá del ámbito económico, existe una correlación significativa entre la electrificación y las mejoras en diversos indicadores de desarrollo humano, desde el rendimiento educativo hasta la equidad de género, lo que subraya la naturaleza transformadora del acceso energético en el desarrollo social.

Metodológicamente, el estudio emplea un análisis econométrico espacial con datos de panel para el período 2000-2022, utilizando como referencia principal el informe "Tracking SDG 7: The Energy Progress Report", elaborado conjuntamente por la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la División de Estadísticas de las Naciones Unidas (UNSD), el Banco Mundial y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La investigación aporta a la literatura al incorporar matrices de contigüidad geográfica y modelos de panel espacial para cuantificar los efectos de desbordamiento entre países vecinos, prestando especial atención a las dinámicas regionales en África Subsahariana, Asia del Sur y América Latina. Este enfoque permite capturar no solo las tendencias temporales, sino también las interacciones espaciales en el desarrollo energético.

El estudio presenta un análisis integral que examina múltiples dimensiones del ODS 7, incluyendo los determinantes socioeconómicos e institucionales del acceso universal a la energía (7.1.1 y 7.1.2), la participación de energías renovables (7.2.1), la eficiencia energética (7.3.1), la cooperación internacional (7.a.1) y la capacidad instalada (7.b.1). A través de esta estructura, se busca identificar patrones regionales y evaluar la heterogeneidad en el cumplimiento del ODS 7 entre diferentes regiones del mundo en desarrollo. Los resultados de este análisis pretenden informar el diseño de estrategias más efectivas para garantizar el acceso universal a energía moderna, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la resiliencia energética en los países de ingreso bajo y medio

1.2 Descripción del Problema

El acceso a la energía moderna, particularmente a la electricidad y a cocinas limpias, sigue siendo un desafío apremiante en países de ingreso bajo y medio, obstaculizando su progreso socioeconómico y perpetuando la pobreza (Fouquet, 2016). Actualmente, el 13% de la población mundial carece de acceso a servicios modernos de electricidad, mientras que aproximadamente 3,000 millones de personas continúan dependiendo de fuentes tradicionales de biomasa para satisfacer sus necesidades básicas de cocina y calefacción (Andrian et al., 2024). Esta realidad se proyecta con particular severidad hacia el futuro: la IEA (IEA et al., 2024) estima que para 2030, 660 millones de personas continuarán sin acceso a electricidad, con un 85% de esta población concentrándose en África Subsahariana. La situación se torna aún más compleja al considerar que la producción energética global actual contribuyó con 37,407.79

MtCO₂e, aproximadamente el 75% de las emisiones de gases de efecto invernadero, situando esta problemática en el centro del debate sobre el cambio climático (World Resources Institute, 2022). Las raíces de esta problemática se hallan en una compleja interacción de factores económicos, tecnológicos, de gobernanza y financiación.

Uno de los principales obstáculos es la falta de inversión en infraestructura eléctrica, tanto en la capacidad de generación como en las redes de transmisión y distribución (Falchetta & Tagliapietra, 2022). Los altos costos iniciales de construcción de centrales eléctricas, independientemente de la tecnología, suponen una barrera importante (Falchetta et al., 2021). A esto se suman los elevados gastos de operación y mantenimiento, agravados por problemas de suministro de combustible y el envejecimiento de las plantas. La expansión de la red eléctrica también es costosa, especialmente en zonas rurales con baja densidad poblacional, lo que dificulta la recuperación de la inversión (Rosnes & Vennemo, 2009). La baja capacidad adquisitiva de los potenciales usuarios y su bajo consumo inicial de electricidad agravan aún más el problema, haciendo difícil para las empresas obtener retornos sobre sus inversiones (Jacome et al., 2019; Malcolm, 2019; Taneja, 2018)

En cuanto al acceso a cocinas limpias, el desafío es aún mayor. El elevado coste de transporte de combustibles modernos como el gas licuado de petróleo (GLP) dificulta su distribución en zonas rurales (Van Leeuwen et al., 2017). El alto coste inicial de la instalación y los aparatos también representa una barrera importante para los hogares de bajos ingresos. Aunque la biomasa sólida es la opción más accesible, su recolección conlleva costes ocultos significativos, como el tiempo dedicado a la recolección, el daño ambiental y los efectos adversos para la salud: 4.2 millones de muertes anuales relacionadas a contaminación del aire en interiores, ocasionadas por combustión incompleta de biomasa y queroseno empleados en procesos de cocción (WHO, 2024). La transición hacia la cocina limpia requiere además un cambio de comportamiento, influenciado por hábitos culturales y de cocina, lo que añade una

capa adicional de complejidad a la problemática (Lewis & Pattanayak, 2012; Sunil & Govinda, 2014).

Varias soluciones con enfoque multifacético se han planteado para lograr el acceso universal a la energía moderna. La más elemental consiste en una combinación de soluciones tecnológicas, incluyendo redes eléctricas nacionales, mini-redes y sistemas fuera de la red, adaptadas a las circunstancias locales de cada territorio (Mentis et al., 2017). Una reforma de los subsidios a la energía es esencial para dirigirlos a los hogares que más los necesitan y para incentivar la inversión en el sector (Falchetta & Tagliapietra, 2022). La digitalización y los sistemas de pago inteligentes pueden reducir las barreras de coste inicial y mejorar la gestión de la demanda (Mazzoni, 2019). La cooperación internacional, incluyendo la inversión de donantes y organismos multilaterales, es crucial para movilizar capital y crear capacidad en los países en desarrollo (Eberhard et al., 2017). Finalmente, es fundamental reconocer las sinergias entre el acceso a la energía y otros objetivos de desarrollo sostenible, como la mitigación del cambio climático y la adaptación, para maximizar los beneficios y la eficiencia de las inversiones (Fuso Nerini et al., 2018; McCollum et al., 2018).

1.3 Justificación del Problema

La evidencia empírica demuestra que la electrificación actúa como un vector de transformación socioeconómica. Los estudios de Bernard (2012) y Van de Walle (2013) han documentado cómo el acceso a la electricidad cataliza el surgimiento de microempresas, potencia la productividad agrícola y facilita la integración de comunidades rurales en las cadenas de valor modernas. Más allá del ámbito económico, investigaciones recientes (Bos et al., 2018; Rathi & Vermaak, 2018) han establecido correlaciones significativas entre la electrificación y mejoras sustanciales en indicadores de desarrollo humano, desde el rendimiento educativo hasta la equidad de género.

La dimensión sanitaria de la pobreza energética merece especial atención por sus profundas implicaciones en la salud pública global. Ocen et. al (2024) han cuantificado los beneficios de las cocinas limpias, incluyendo la reducción del tiempo dedicado a la recolección de combustible (promedio de 2.5 horas diarias por hogar), la disminución de la deforestación local asociada a la recolección de leña, y mejoras significativas en la seguridad alimentaria debido a la mayor eficiencia y control en la cocción de alimentos.

Los análisis de Pattanayak et. al (2019) sugieren que la adopción masiva de cocinas limpias podría generar beneficios socioeconómicos que superan entre 3 y 4 veces la inversión inicial, considerando los ahorros en gastos médicos, tiempo recuperado y beneficios ambientales.

La viabilidad económica de la electrificación universal ha experimentado un giro paradigmático en la última década. Mentis et. al (2017) destacan cómo la reducción dramática en los costos de tecnologías renovables, especialmente la solar fotovoltaica, ha transformado la ecuación costo-beneficio de la electrificación rural. Las innovaciones en modelos de financiamiento y distribución, como los sistemas de pago por uso y las mini-redes inteligentes (Bensch et al., 2018; Muchunku et al., 2018), están democratizando el acceso a la energía en comunidades tradicionalmente marginadas.

Sin embargo, la materialización de estos beneficios requiere superar obstáculos sistémicos significativos. La fragmentación institucional, las limitaciones en capacidad técnica y las barreras regulatorias emergen como desafíos críticos que demandan un abordaje holístico. La experiencia demuestra que el éxito en la expansión del acceso energético depende no solo de la disponibilidad de tecnología y financiamiento, sino también de la construcción de ecosistemas de apoyo que incluyan marcos regulatorios adaptados, programas de desarrollo de capacidades y mecanismos de participación comunitaria.

La intersección entre acceso energético y resiliencia climática añade una dimensión de urgencia adicional a esta problemática. Las comunidades sin acceso a energía moderna son

particularmente vulnerables a los impactos del cambio climático, creando un círculo vicioso de vulnerabilidad y marginación. La electrificación, especialmente cuando se implementa a través de soluciones renovables descentralizadas, ofrece una vía para romper este ciclo, alineando los objetivos de desarrollo humano con los imperativos de sostenibilidad ambiental.

En este contexto, el ODS 7 emerge como una respuesta integral a estos desafíos, representando un eje central y catalizador para el logro del resto de ODS. Los análisis cuantitativos de Madurai Elavarasan (2021, 2023) han demostrado que este objetivo presenta el mayor índice de interacción entre los 17 ODS, actuando como motor de cambio al proporcionar la infraestructura energética necesaria para erradicar la pobreza (ODS 1) y estimular actividades productivas. En el ámbito económico, la transición energética cataliza la creación de empleos verdes y estimula la innovación tecnológica, contribuyendo directamente al crecimiento económico sostenible (ODS 8) y al desarrollo industrial resiliente (ODS 9).

Esta transformación energética redefine fundamentalmente la planificación urbana (ODS 11), ya que la implementación de sistemas de energía renovable modifica la infraestructura y operación de las ciudades, haciéndolas más sostenibles. Particularmente significativa es su relación con la acción climática (ODS 13), donde el ODS 7 actúa como el mecanismo de acción que, al reducir la dependencia de combustibles fósiles, produce el resultado consecuente de mitigar el cambio climático. Esta red de interacciones demuestra cómo el ODS 7 no solo aborda el acceso energético, sino que funciona como un facilitador sistémico del desarrollo sostenible, aunque requiere una gestión cuidadosa de las tensiones que surgen con la conservación de ecosistemas (ODS 15) y el consumo responsable (ODS 12).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar los factores relevantes del cumplimiento del ODS 7 en países de ingreso bajo y mediano mediante un análisis econométrico espacial con datos de panel para el período

2000-2022, para la identificación de efectos de desbordamiento regional que contribuyan a estrategias más efectivas de acceso universal a energía moderna.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar los patrones espaciales y temporales en el acceso y uso de energía moderna a nivel global, mediante análisis descriptivo y técnicas de visualización de datos que revelen la distribución geográfica de las brechas energéticas y su evolución durante 2000-2022.
2. Estimar mediante un modelo de datos de panel con efectos bidireccionales la influencia de factores económicos, energéticos, desastres naturales, institucionales, de globalización y demográficos sobre el índice de cumplimiento del ODS 7 en países de ingreso bajo y medio durante 2000-2022.
3. Cuantificar los efectos espaciales de desbordamiento (spillover effects) en el cumplimiento del ODS 7 entre países vecinos mediante matrices de contigüidad geográfica y un modelo espacial de Durbin.

1.5 Marco teórico

1.5.1 Evolución del Tratamiento de la Energía

De acuerdo con McDade (2015), la evolución del tratamiento de la energía en la agenda internacional refleja una dicotomía histórica entre dos visiones contrapuestas: la de un bien económico y social fundamental para el desarrollo y como un mal ambiental por sus impactos en el cambio climático. Esta dualidad explica la ausencia inicial de la energía en documentos clave de finales del siglo XX, como el Programa 21 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio, y también se reflejó en foros como la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible y la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (2001 y 2002).

Fue la iniciativa Energía Sostenible para Todos (SE4ALL) en 2011, impulsada por Ban Ki-moon, la que estableció un nuevo enfoque integrador, reconociendo tanto el papel crucial de la energía en el desarrollo como la importancia de su sostenibilidad ambiental. Este paradigma

facilitó que en 2015 la energía se incorporara como un ODS independiente, marcando un hito en la gobernanza energética global. La Tabla 1 detalla el marco completo de metas e indicadores establecidos para materializar este objetivo.

Tabla 1*ODS 7: Metas e indicadores*

Metas	Indicadores	Unidad	Definición
7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos	7.1.1 Proporción de la población que tiene acceso a la electricidad	%	Considera tanto fuentes convencionales como descentralizadas (mini-redes, sistemas solares). Evalúa la disponibilidad, calidad, confiabilidad, asequibilidad, formalidad de la conexión y su impacto en la salud y seguridad.
	7.1.2 Proporción de la población cuya fuente primaria de energía son los combustibles y tecnologías limpias	%	Mide el uso de combustibles y tecnologías limpias para cocinar, calentar y alumbrar. Se considera el tipo de combustible y tecnología para evaluar la calidad del aire en el hogar, usando un modelo jerárquico multivariado.
7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas	7.2.1 Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía	%	Indica el porcentaje de energía de fuentes renovables (hidro, solar, eólica, bioenergía, geotérmica) en el consumo total. Refleja el consumo real de energía renovable, no solo la capacidad instalada.
7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética	7.3.1 Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB	megajulios por unidad de PIB ajustado (MJ/USD)	Calcula la energía utilizada por unidad de PIB, lo que permite evaluar la eficiencia energética de la economía. Integra datos de balances energéticos nacionales y PIB ajustado por paridad de poder adquisitivo.

<p>7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.</p>	<p>7.a.1 Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos</p>	<p>Millones de USD</p>	<p>Incluye financiamiento internacional destinado a energías limpias, eficiencia energética y tecnologías menos contaminantes. Se cuentan préstamos, subvenciones e inversiones, clasificados por tecnología (solar, eólica, etc.), e incluye asistencia técnica, con datos ajustados a precios constantes.</p>
<p>7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.</p>	<p>7.b.1 Capacidad instalada de generación de energía renovable en los países en desarrollo y en los países desarrollados (en vatios per cápita)</p>	<p>vatios por habitante (W/cápita).</p>	<p>Mide la capacidad de generación renovable por habitante, abarcando hidroelectricidad, energía marina, solar, eólica, bioenergía y geotérmica. Se considera la capacidad neta instalada conectada y fuera de la red, ajustada por población.</p>

Nota. Información tomada de la División Estadística de las Naciones Unidas (UNSD) (2024)

1.5.2 Análisis del avance actual por indicador

A continuación, se presenta un análisis del progreso en el cumplimiento de estos objetivos, según datos de la (IEA et al., 2024).

Indicador 7.1.1

En 2022, la cobertura mundial de electricidad alcanzó el 91%, pero aumentó el número de personas sin acceso por primera vez en más de una década, pasando de 675.1 a 685.2 millones (IEA et al., 2024), con África subsahariana concentrando más del 80% de esta población. La crisis global, el COVID-19, y eventos climáticos han acentuado esta problemática.

Indicador 7.1.2

En 2022, el 74% de la población mundial tuvo acceso a combustibles y tecnologías limpias para cocinar, un avance notable desde 2000. Sin embargo, se estima que 1.8 mil millones de personas aún carecerán de acceso en 2030, especialmente en África Subsahariana, donde el crecimiento poblacional supera la expansión del acceso a cocinas limpias. Se requieren inversiones anuales de 8 mil millones de USD para lograr un acceso universal, con la mitad destinada a esta región (IEA et al., 2024).

Indicador 7.2.1

Las energías renovables han crecido en capacidad de generación, pero su participación en el consumo energético final global sigue siendo baja, alcanzando un 18.7% en 2021 (incluyendo biomasa tradicional) y solo un 12.5% de fuentes modernas. América Latina y el Caribe lidera con un 28% de fuentes renovables modernas (2024). Aunque más de 130 países se comprometieron a triplicar la capacidad instalada para 2030, las políticas actuales solo permitirían alcanzar el 7,300 GW de los 11,000 GW proyectados.

Indicador 7.3.1

La mejora anual en eficiencia energética ha sido insuficiente para duplicar la meta establecida para 2030, con un avance de solo 0.6% y 0.8% en 2020 y 2021, respectivamente. Solo tres países (China, Reino

Unido e Indonesia) han alcanzado la meta. Se necesita acelerar la mejora a un 3.8% anual para 2030, lo que implica triplicar las inversiones en eficiencia energética, especialmente en países en desarrollo.

Indicador 7.a.1

Los flujos financieros hacia países en desarrollo para energías renovables aumentaron un 25% en 2022, alcanzando 15,400 millones de USD, aunque aún están lejos del pico de 28,500 millones en 2016. Estos fondos están concentrados en pocos países, mientras que las economías emergentes y en transición recibieron solo el 15% del total en 2022, por debajo de su promedio histórico.

Indicador 7.b.1

Existe una amplia disparidad en la capacidad renovable per cápita entre economías avanzadas y países en desarrollo: mientras los primeros alcanzaron 1,073 watts per cápita en 2022, los segundos lograron solo 293 watts. Los pequeños estados insulares, países sin litoral, y los menos desarrollados muestran aún menores capacidades debido a limitaciones financieras, altas tasas de interés y marcos regulatorios débiles

1.5.3 Factores determinantes en el cumplimiento del ODS 7: Perspectivas socioeconómicas y políticas

La literatura reciente ha demostrado que el cumplimiento del ODS 7 sobre energía limpia y accesible está influenciado por múltiples factores socioeconómicos y políticos. Los estudios han abordado este tema desde diversas perspectivas, brindando un panorama integral sobre los desafíos y oportunidades para la consecución de esta meta global.

A nivel de países, trabajos como el de Hossin et. al (2023) emplearon un análisis de Regresión de Componentes Principales, encontrando que el acceso a soluciones limpias de cocina, las inversiones del sector privado en energía y la generación de energía renovable son variables fundamentales para alcanzar las metas del Acuerdo de París, destacando el caso de China como ejemplo de progreso significativo. , Mishra et al. (2024) utilizaron modelos probit y árboles de decisión en 46 países en desarrollo, identificando que factores como la riqueza, educación, tamaño del hogar y ubicación geográfica son determinantes

cruciales en la adopción de combustibles limpios para cocina, revelando una baja prevalencia general en su uso.

Otros estudios han enfatizado la importancia de variables como la participación de energías renovables y la dependencia de importaciones energéticas a nivel nacional y regional. Rybak et al. (2024), empleando modelos ARMAX en Polonia, subrayaron que estos factores son impulsores clave para la transición hacia energías más limpias. Sus resultados revelaron que una mayor participación de las energías renovables en la matriz energética, así como una menor dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, contribuyen significativamente al avance en el cumplimiento del ODS 7 a nivel nacional.

Complementando estos hallazgos, Kwakwa et al. (2021) utilizaron técnicas de regresión de Efectos Fijos y Aleatorios en el contexto de África Subsahariana. Sus análisis identificaron que además de la participación de renovables y la dependencia de importaciones, el crecimiento económico, el empleo, el régimen político y la inversión extranjera directa son determinantes cruciales para lograr un mayor acceso a energía limpia en la región.

Por otro lado, la literatura también ha explorado los desafíos financieros que enfrentan los países, especialmente los de bajos ingresos, para desarrollar fuentes de energía renovable. Estudios como el de Omri y Nguyen (2014) han encontrado que la inelasticidad del consumo de energía renovable en estos países se debe principalmente a limitaciones financieras y tecnológicas. Asimismo, la teoría de las finanzas catalíticas (Río & Ragwitz, 2023) sugiere que la asistencia financiera oficial puede actuar como un catalizador para atraer inversiones del sector privado y reducir el riesgo percibido por los inversores.

Adicionalmente, la investigación ha analizado el impacto de la inestabilidad política en la innovación en el ámbito de la energía renovable. Estudios como el de Wang et al. (2024) han identificado los mecanismos a través de los cuales la inestabilidad política influye negativamente en la innovación, al incrementar la incertidumbre económica y desviar recursos hacia la gestión de incidentes violentos.

Finalmente, los flujos financieros internacionales, como la ayuda al desarrollo y la inversión extranjera directa, desempeñan un papel crucial para catalizar el crecimiento de las energías renovables en las economías emergentes y en transición. Diversos estudios han utilizado técnicas econométricas avanzadas para analizar estos efectos.

Por ejemplo, Bui y Le (2023) emplearon el modelo STIRPAT para evaluar el impacto de los flujos financieros internacionales en los resultados ambientales de los países en desarrollo. Encontraron que los flujos que respaldan específicamente la investigación, el desarrollo y la producción de energías renovables tienen un efecto positivo significativo en la mitigación de la degradación ambiental. Esto sugiere que canalizar financiamiento internacional hacia estas áreas clave puede impulsar la transición energética en estos países.

Más recientemente, Chen et. al (2024) utilizaron el modelo de Método Generalizado de Momentos (GMM) para analizar la relación entre las finanzas verdes, como los bonos verdes, y el crecimiento de las energías renovables en 30 economías en desarrollo. Los hallazgos indican que las finanzas verdes tienen un efecto sustancial en promover el desarrollo de las energías limpias, destacando su papel fundamental como catalizador en estos contextos.

Si bien la literatura actual ha identificado diversos factores que inciden en el cumplimiento del ODS 7, existen aún algunos vacíos y áreas de oportunidad que el presente proyecto busca abordar. En primer lugar, la mayoría de los estudios se han enfocado en determinantes a nivel de país, dejando de lado los efectos de derrame espacial entre países vecinos y regiones. Adicionalmente, es necesario profundizar en cómo los marcos regulatorios e institucionales interactúan con los flujos de financiamiento internacional para el desarrollo de varias energías limpias.

Capítulo 2

2. Metodología.

2.1 Diseño y enfoque de investigación

2.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con alcance explicativo y diseño longitudinal, abarcando el período 2000-2021. El estudio se fundamentó en el análisis de datos panel con componentes espaciales, permitiendo examinar tanto la evolución temporal como las interrelaciones geográficas en el cumplimiento del ODS7 entre países de ingresos bajos y medios.

El carácter explicativo de la investigación facilitó la identificación y cuantificación de las relaciones causales entre las variables de estudio, mientras que la naturaleza longitudinal del diseño permitió capturar la dinámica temporal de los fenómenos analizados. Este enfoque resultó particularmente apropiado para examinar procesos de desarrollo sostenible, los cuales típicamente requieren períodos extensos de observación para manifestar patrones y tendencias significativas.

2.1.2 Justificación del Enfoque Econométrico Espacial

La selección del enfoque econométrico espacial respondió a tres consideraciones fundamentales:

Primero, la naturaleza intrínsecamente interconectada de los sistemas energéticos modernos, donde las decisiones y políticas implementadas en un país frecuentemente generan efectos de derrame (spillover effects) en naciones vecinas. Este fenómeno requirió un tratamiento metodológico que pudiera capturar explícitamente estas interdependencias.

Segundo, la presencia de autocorrelación espacial en variables energéticas y ambientales, fenómeno que fue confirmado mediante pruebas preliminares de diagnóstico espacial. La omisión de esta característica habría resultado en estimaciones sesgadas e inferencias potencialmente erróneas.

Tercero, la necesidad de distinguir entre efectos directos (dentro del país) y efectos indirectos (entre países), distinción que solo puede lograrse mediante la aplicación de técnicas econométricas espaciales. Esta

diferenciación resultó crucial para comprender los mecanismos de transmisión de políticas energéticas sostenibles entre naciones vecinas.

El enfoque adoptado permitió la incorporación de matrices de pesos espaciales, las cuales se construyeron considerando tanto la contigüidad geográfica como la distancia entre países. Esta especificación dual de la estructura espacial proporcionó una representación más completa de las interacciones entre unidades de análisis.

2.2 Población y Datos

2.2.1 Criterios de Selección

La población objetivo del estudio comprendió los países clasificados como de ingresos bajos y medios según los criterios establecidos por el Banco Mundial (2024a). La selección de la muestra final se realizó mediante un proceso sistemático de filtrado, aplicando los siguientes criterios de inclusión:

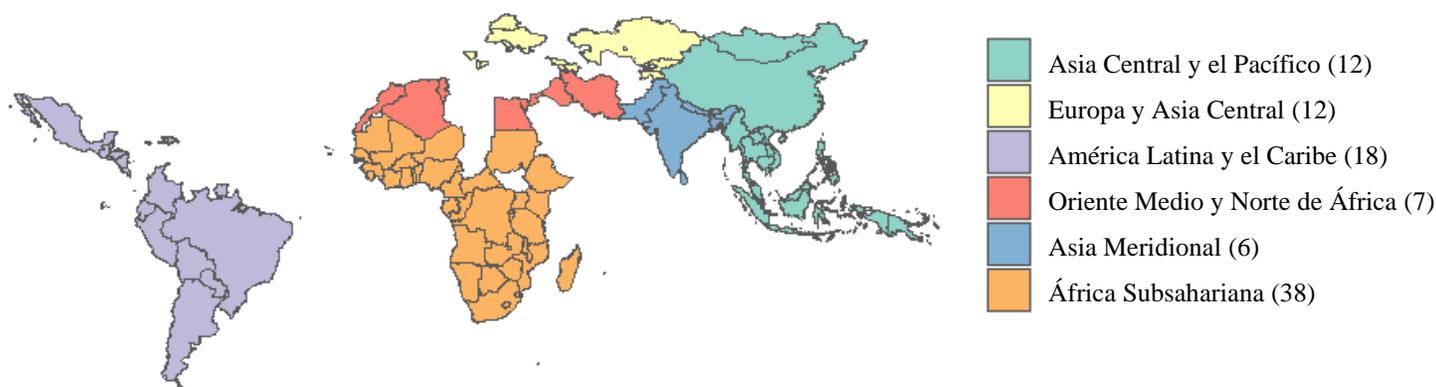
- Disponibilidad continua de datos para todas las variables de interés durante el período 2000-2021
- Consistencia y confiabilidad en la calidad de los datos reportados
- Permanencia en la clasificación de ingresos bajos y medios durante el período de estudio
- Disponibilidad completa de información relacionada con los indicadores del ODS7

2.2.2 Descripción de la población final

De una población inicial de 131 países elegibles, la muestra final se constituyó con 93 naciones que cumplieron con todos los criterios de selección establecidos. Esta reducción del 19.8% en el tamaño de la muestra respondió a la necesidad de mantener un panel de datos balanceado y robusto. La distribución geográfica de la muestra final quedó conformada de la siguiente manera:

Gráfico 1

Países de ingreso bajo y medio seleccionados, por regiones.



2.3 Recolección y Tratamiento de Datos

2.3.1 Fuentes de información

La recolección de datos se realizó a partir de fuentes oficiales internacionales, garantizando la calidad y comparabilidad de la información. La Tabla 2 detalla las principales fuentes utilizadas y su contribución específica al estudio.

Tabla 2

Definición de variables

Variable	Variabes/Indicadores	Unidad	Fuente
<i>SDG 7 Index</i>	Índice ponderado que mide el progreso de los países hacia los ODS en una escala de 0 a 100, considerando indicadores clave como acceso a electricidad, combustibles limpios para cocinar, energía renovable y emisiones de CO ₂ , cada uno con una ponderación del 25%.	N/A	SDG Transformation Center
<i>Mortalidad por desastres</i>	Métrica que combina el total de muertos y desaparecidos como resultado de desastres naturales, incluyendo eventos geofísicos, meteorológicos, hidrológicos y climatológicos que generan daños, destrucción y sufrimiento humano.	Número de muertes	Our World in Data
<i>Eficiencia energética</i>	Calcula la energía utilizada por unidad de PIB, lo que permite evaluar la eficiencia energética de la economía.	MJ/USD	IEA
<i>Flujos financieros internacionales</i>	Incluye financiamiento internacional destinado a energías limpias, eficiencia	USD	OECD

<i>hacia energías renovables</i>	energética y tecnologías menos contaminantes.		
<i>Capacidad renovable hidro</i>	La capacidad instalada de generación de energía a partir del agua, reflejando el desarrollo y aprovechamiento de este recurso renovable en cada país.	W/cápita	IEA
<i>Sistema legal y derechos de propiedad</i>	Evalúa la solidez del estado de derecho, la protección de la propiedad, la independencia judicial y la efectividad en la aplicación de contratos, incluyendo un ajuste por disparidades de género en el acceso a derechos económicos.	N/A	Fraser Institute Economic Freedom Index
<i>Globalización informativa (de jure)</i>	Índice que mide el nivel de acceso y libertad informativa en un país, considerando indicadores como el acceso a televisión (proporción de hogares con televisor), acceso a internet (porcentaje de la población que utiliza internet) y libertad de prensa.	N/A	KOF Globalization Index
<i>Globalización informativa (de facto)</i>	Índice que evalúa la integración práctica de un país en el intercambio global de información mediante indicadores como el ancho de banda internacional utilizado (bits por segundo por persona), solicitudes de patentes internacionales (porcentaje de la población) y exportaciones de productos de alta tecnología (en dólares actuales por persona).	N/A	KOF Globalization Index
<i>Trabajadores asalariados (%)</i>	Trabajadores asalariados que ocupan empleos definidos como "trabajos de empleo remunerado", donde cuentan con contratos explícitos (escritos u orales) o implícitos que les garantizan una remuneración básica no directamente vinculada a los ingresos de la unidad para la que trabajan.	%	Banco Mundial
<i>PIB per cápita</i>	Producto Interno Bruto dividido por la población total.	USD	Banco Mundial
<i>Población rural (%)</i>	Proporción de la población total que vive en áreas rurales.	%	Banco Mundial

2.3.2 Variable Dependiente

La variable dependiente se construyó a partir del SDG Index, un indicador desarrollado por el SDG Transformation Center (2024), una iniciativa de la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN).

Este índice proporcionó una evaluación estandarizada del progreso hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible para todos los Estados miembros de la ONU. El componente correspondiente al ODS 7 se compuso de cuatro indicadores clave de igual ponderación, donde tres son indicadores oficiales del ODS 7 y uno complementario, como se detalla en la Tabla 3:

Tabla 3
Componentes SDG 7 Index

¿Indicador oficial?	Indicador	Ponderación	Óptimo (= 100)	Umbral Verde	Umbral rojo	Límite inferior (=0)	Justificación para el óptimo
Sí (7.1.1)	Población con acceso a electricidad (%)	25%	100	98	80	9	No dejar a nadie atrás
Sí (7.1.2)	Población con acceso a combustibles y tecnologías limpias para cocinar (%)	25%	100	85	50	2	Promedio de los mejores desempeños
Sí (7.2.1)	7.2.1 Participación de energías renovables en el consumo final total de energía (%)	25%	55	32	10	3	Promedio de los mejores desempeños
No	Emisiones de CO ₂ por combustión de combustibles por producción total de electricidad (MtCO ₂ /TWh)	25%	0	1	2	6	Óptimo Técnico

El SDG Transformation Center seleccionó estos indicadores siguiendo criterios rigurosos de relevancia global, adecuación estadística, oportunidad, calidad de datos y cobertura. Si bien las emisiones de CO₂ no son un indicador oficial del ODS 7, se incluyó como indicador complementario para cerrar brechas de datos y proporcionar una medición más completa del progreso hacia la energía sostenible, particularmente en lo referente a la sostenibilidad ambiental de los sistemas energéticos. Esta inclusión respondió a la necesidad de capturar la eficiencia y limpieza en la generación eléctrica, aspectos fundamentales para la transición energética que no están directamente medidos en los indicadores oficiales.

Para garantizar que los datos sean comparables entre distintos indicadores, se establecen umbrales de rendimiento. La utilización de umbrales cuantitativos absolutos cuando están disponibles (por ejemplo, el acceso universal a la electricidad). La aplicación del principio de "No dejar a nadie atrás" para definir límites superiores basados en el acceso universal o la ausencia de privaciones. En el caso de indicadores con metas científicas (como las emisiones cero), se toman estas metas como referencia. El límite superior se determina mediante un enfoque que considera el rendimiento de los países más destacados o metas internacionales específicas.

Una vez que se han seleccionado los indicadores, se procede a normalizar los datos para asegurar su comparabilidad. Este proceso consiste en transformar cada indicador a una escala de 0 a 100, donde:

- 0 indica el peor rendimiento (por ejemplo, sin acceso a electricidad), existe una excepción donde el rendimiento óptimo es 0, este es el caso del indicador de CO₂ emitido por combustión de combustible por producción total de electricidad.
- 100 representa el mejor rendimiento (por ejemplo, acceso universal a electricidad).

La fórmula utilizada para esta normalización es la siguiente:

$$x' = \frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \times 100$$

donde x es el valor bruto del indicador, y max y min son los valores máximos y mínimos observados en la distribución del indicador.

El límite superior puede basarse en objetivos absolutos o en promedios de los mejores desempeños. Después de normalizar los datos, se eliminan valores extremos que puedan distorsionar los resultados. Finalmente, se agrupan los indicadores dentro del ODS 7 para calcular un índice general mediante una media aritmética por cada año de estudio:

$$\text{Índice SDG7} = \frac{\text{sdg7}_{elecaccess} + \text{sdg7}_{cleanfuel} + \text{sdg7}_{co2twh} + \text{sdg7}_{renewcom}}{4}$$

2.4 Modelo Econométrico

2.4.1 Especificación del Modelo

En esta investigación se implementa un Spatial Durbin Model, estimado mediante el método de máxima verosimilitud. Esta elección metodológica responde a la necesidad de capturar la dependencia espacial entre las observaciones, un aspecto fundamental cuando los errores presentan correlación espacial debido a factores no observados o variables omitidas. La estructura formal del modelo se representa mediante la ecuación:

$$ODS7_{it} = \alpha + \rho W ODS7_{it} + \sum_{k=1}^n \beta_k X_{kit} + \sum_{k=1}^n \theta_k W X_{kit} + \mu_i + \gamma_t + \epsilon_{it}$$

El modelo econométrico espacial presentado utiliza un Spatial Durbin Model (SDM) para analizar los indicadores del ODS 7, capturando tanto los efectos directos como los indirectos (spillovers) de las variables independientes en un contexto espacial. La especificación incluye una componente autorregresiva espacial de la variable dependiente (ρ), así como los efectos directos (β_k) e indirectos (θ_k) de un conjunto de n variables independientes (X_{kit}), ponderadas mediante una matriz de pesos espaciales (W). Además, incorpora efectos fijos de país (μ_i) y de tiempo (γ_t) para controlar por heterogeneidad no observada, y un término de error (ϵ_{it}) que representa las perturbaciones no explicadas. Este enfoque permite estudiar cómo las interacciones espaciales afectan los resultados del indicador del ODS 7.

El análisis se desarrolla sobre una muestra de 93 países, donde la estructura de interacción espacial se define mediante 3 matrices de pesos que establece las relaciones de vecindad. Las variables explicativas del modelo incluyen indicadores socioeconómicos y energéticos fundamentales. Entre ellos se encuentra el porcentaje de trabajadores con ingresos adecuados (wage_worke), la eficiencia energética medida en kWh/USD de PIB (sdg_7.3.1_), la financiación internacional para energía sostenible (sdg_7.a.1_), y la capacidad instalada de energías renovables (sdg_7.b.1_).

Adicionalmente, el modelo incorpora variables institucionales y socioeconómicas como la robustez del sistema legal (*legal_syst*), el acceso a información tecnológica (*informat_2*), la globalización social de facto (*interper_1*), el PIB per cápita (*gdp_per_ca*) y el porcentaje de población rural (*rural_pop_*). Esta selección de variables busca capturar tanto los aspectos técnicos como los socioeconómicos que influyen en el cumplimiento del ODS 7.

2.4.2 Justificación de transformación logarítmica

Las variables y los índices fueron transformados a su forma logarítmica para reducir la variabilidad, comprimir la escala de los datos y facilitar la interpretación de los coeficientes en términos de elasticidad. Esta transformación resulta especialmente útil cuando las variables o índices presentan un rango amplio de valores, ya que minimiza el impacto de valores extremos o atípicos, mejorando la estabilidad del análisis y permitiendo evaluar con mayor claridad las relaciones entre ellas.

En el caso de índices como el *SDG Index* o el *Globalization Index*, que pueden abarcar un rango amplio de valores, esta transformación ayuda a reducir la influencia desproporcionada de valores muy altos en los resultados del análisis de regresión. Además, facilita la interpretación de elasticidades al expresar tanto la variable dependiente como la independiente en forma logarítmica.

Por último, la transformación logarítmica también es útil para linealizar relaciones que, en su forma original, no son estrictamente lineales. Esto permite modelar de manera más precisa muchas relaciones económicas, que suelen presentar comportamientos no lineales.

Tabla 4

Resumen estadístico de las variables relacionadas con el ODS 7 (logaritmos de las variables)

Variable (Log)	Mediana	DE	Min	Máx	Mediana
<i>SDG 7 Index</i>	3.834	0.531	1.686	4.547	4.018
<i>Mortalidad por desastres</i>	1.828	2.541	-0.693	12.313	1.705
<i>Eficiencia energética</i>	1.762	0.423	0.844	3.321	1.700
<i>Flujos financieros internacionales hacia energías renovables</i>	0.230	4.074	-5.298	8.508	0.639

<i>Capacidad renovable hidro</i>	3.296	2.342	-2.996	8.020	3.639
<i>Sistema legal y derechos de propiedad</i>	1.545	0.252	0.668	2.045	1.592
<i>Globalización informativa (de jure)</i>	3.996	0.305	1.524	4.543	4.018
<i>Globalización informativa (de facto)</i>	4.126	0.340	2.856	4.631	4.207
<i>Trabajadores asalariados (%)</i>	3.664	0.608	1.995	4.591	3.794
<i>PIB per cápita</i>	7.740	0.863	5.947	9.570	7.794
<i>Población rural (%)</i>	3.958	0.408	2.456	4.561	4.050

Nota: Todas las estadísticas se calculan utilizando los logaritmos de las variables originales.

2.5 Análisis de dependencia espacial

Para examinar la presencia de dependencia espacial en el cumplimiento del ODS7 entre los países analizados, se implementó el test de Moran's I. Esta prueba constituye una herramienta fundamental en el análisis espacial, ya que permite evaluar si los valores de una variable específica exhiben un patrón de agrupamiento espacial, dispersión o aleatoriedad. El estadístico de Moran's I se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I = (1/S^2) \sum_i \sum_j (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y}) \sum_i \sum_j W_{ij}$$

Donde:

- $S_2 = n^{-1} \sum (y_i - \bar{y})^2$
- $\bar{y} = \sum y_i / n$ representa la media de la variable dependiente, SDG 7 Index
- W_{ij} denota los elementos de la matriz de pesos espaciales
- n es el número total de observaciones

El test se aplicó a la variable dependiente (índice ODS7) utilizando las tres especificaciones diferentes de matrices de pesos espaciales detalladas en la siguiente sección. Esta evaluación preliminar de la estructura espacial de los datos resulta crucial para justificar la posterior implementación de modelos econométricos espaciales.

2.6 Selección de pesos espaciales

Siguiendo a Balado-Naves et. al (2023), se implementaron tres tipos diferentes de matrices de pesos espaciales (W), todas ellas estandarizadas por filas para facilitar la interpretación y comparabilidad de los resultados. Es importante señalar que una limitación inherente a este enfoque es que los criterios espaciales son seleccionados de manera exógena, basándose principalmente en la proximidad geográfica, sin incorporar explícitamente vínculos sectoriales energéticos como los flujos de importación y exportación de energía entre regiones, la interconexión de redes eléctricas, o la integración de mercados energéticos. Esta simplificación, aunque común en la literatura espacial, podría no capturar completamente la complejidad de las interdependencias energéticas entre regiones, las cuales no necesariamente siguen patrones de contigüidad geográfica.

1. Matriz de 5-vecinos más cercanos

Se construye identificando los 5 vecinos más próximos para cada país, donde los elementos se definen como:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{N_{ij}} & \text{si } j \text{ es uno de los 5 vecinos más cercanos de } i, \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Donde N_{ij} representa el número de vecinos del país i .

2. Matriz de Contigüidad tipo "Rook"

Define las relaciones de vecindad basadas en fronteras compartidas:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{N_{ij}} & \text{si } j \text{ comparte frontera con } i, \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

3. Matriz basada en Distancia Geográfica

Incorpora la distancia euclidiana entre los centroides de los países:

$$w_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}} & \text{si } j \neq i, \\ 0 & \text{si } j = i. \end{cases}$$

Donde d_{ij} representa la distancia euclidiana entre los centroides de los países i y j .

La implementación de estas tres especificaciones diferentes de matrices de pesos permite capturar distintas dimensiones de la interacción espacial entre países. La matriz de k -vecinos más cercanos (W5N) asegura que cada unidad de análisis mantenga un número constante de conexiones, evitando así el problema de nodos aislados y garantizando una estructura de conectividad uniforme en toda la muestra.

Por su parte, la matriz de contigüidad (WCont) incorpora las interacciones que se fundamentan en la existencia de fronteras físicas compartidas, lo cual es particularmente relevante para capturar efectos de derrame que operan a través de la proximidad geográfica inmediata, como pueden ser las infraestructuras energéticas compartidas o los mercados transfronterizos de energía.

La matriz basada en distancia geográfica (WDist) ofrece una perspectiva más matizada de las interacciones espaciales, al ponderar las relaciones en función de la proximidad entre los centroides de los países. Este enfoque resulta especialmente útil para modelar fenómenos cuya intensidad disminuye con la distancia, como la difusión de tecnologías o las influencias en políticas energéticas.

La estandarización por filas aplicada a todas las matrices asegura que la suma de los pesos espaciales para cada unidad sea igual a uno ($\sum_j w_{ij} = 1$). Esta normalización facilita la interpretación de los coeficientes espaciales como promedios ponderados de los valores observados en las unidades vecinas, permitiendo una comparación más directa entre los diferentes tipos de especificaciones espaciales.

Capítulo 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Tests de dependencia espacial

Los resultados de la prueba de Moran's I evidencian una fuerte autocorrelación espacial positiva en el cumplimiento del ODS7 entre los países analizados, confirmando la presencia de patrones espaciales significativos. Esta dependencia espacial se verificó mediante tres especificaciones distintas de matrices de pesos espaciales:

Tabla 5

Resultados del Moran's I promediado en el tiempo para las distintas matrices de pesos espaciales.

Matriz de Pesos Espaciales	Estadístico de Moran's I	Desviación Estándar (z-score)	p-valor
5 vecinos más cercanos	0.4688	8.3413	$2.2e^{-16}$
Basada en distancias	0.3195	9.5931	$2.2e^{-16}$
Contigüidad Rook	0.5256	5.5867	$1.157e^{-8}$

1. Para la matriz de vecinos más cercanos, se obtuvo un índice de Moran de 0.4688 ($z=8.3413$, $p<0.001$), indicando una correlación espacial positiva moderada-alta.
2. La matriz basada en distancias arrojó un coeficiente de 0.3195 ($z=9.5931$, $p<0.001$), confirmando también la presencia de autocorrelación espacial positiva, aunque de menor intensidad.
3. La especificación de contigüidad tipo Rook mostró la correlación espacial más fuerte, con un índice de 0.5256 ($z=5.5867$, $p<0.001$), sugiriendo que los países que comparten fronteras tienden a presentar niveles similares de cumplimiento del ODS7.

Los p-valores extremadamente bajos ($p<2.2e^{-16}$) en todas las especificaciones permiten rechazar contundentemente la hipótesis nula de aleatoriedad espacial, confirmando que el desempeño en el ODS7 de un país está significativamente influenciado por el de sus vecinos. Estos resultados justifican la necesidad de incorporar la dependencia espacial en la modelación econométrica subsecuente.

La consistencia de los resultados a través de las diferentes especificaciones de matrices de pesos espaciales refuerza la robustez del hallazgo sobre la presencia de clústers geográficos en el cumplimiento del ODS7, sugiriendo la existencia de importantes efectos de derrame (spillover effects) entre países vecinos, cómo puede visualizarse en las Figuras 1 y 2.

Figura 1

Distribución global del logaritmo del índice del ODS 7: años 2000 y 2021.

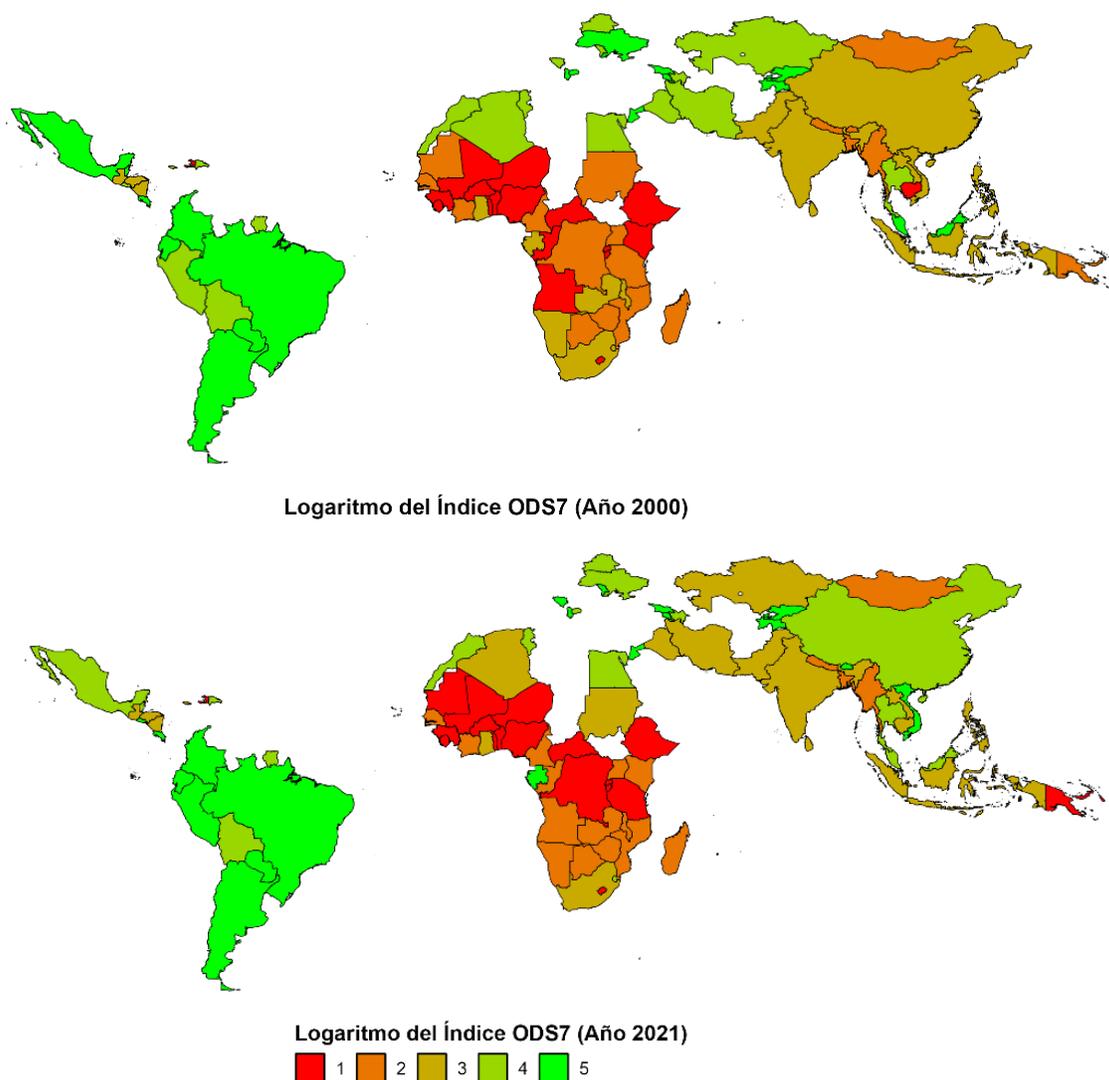


Figura 2

Mapa de clústeres LISA para el índice del ODS 7: años 2000 y 2021. Matriz basada en distancias.

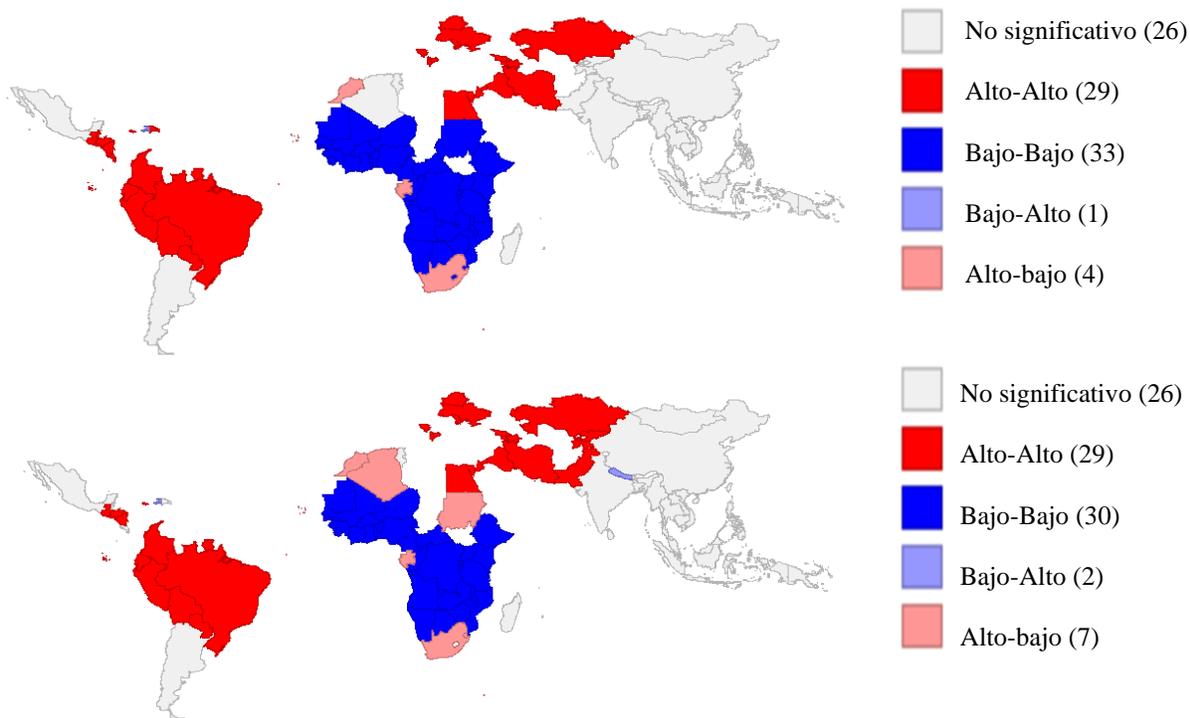
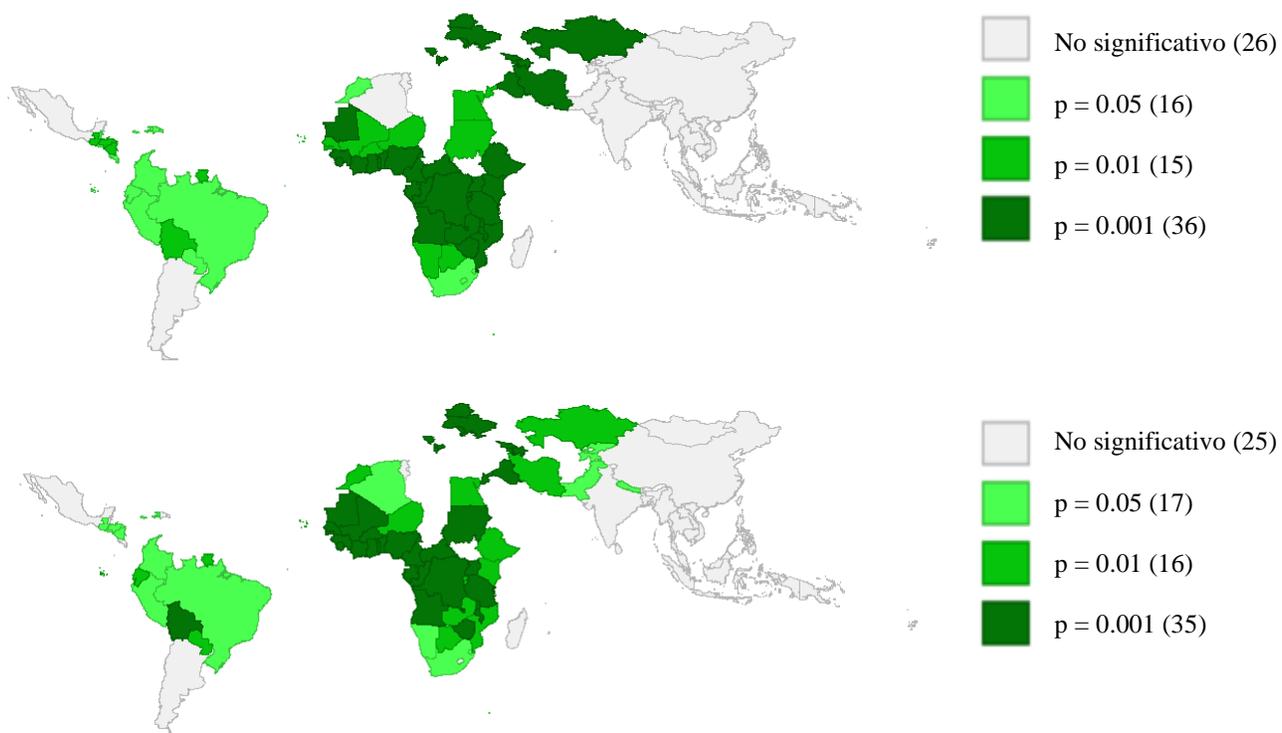


Figura 3

Mapa de significancia LISA para el índice del ODS 7: años 2000 y 2021. Matriz basada en distancias.



3.2 Análisis de regresión espacial

Los resultados del modelo SDM con efectos fijos bidireccionales revelan patrones complejos y multidimensionales en los determinantes del cumplimiento del ODS 7 en países de ingreso bajo y medio. La especificación logarítmica permite interpretar los coeficientes como elasticidades, facilitando la comprensión de relaciones proporcionales entre variables y su significancia económica.

3.2.1 Infraestructura y capacidad energética renovable

Destaca el rol fundamental de la infraestructura energética renovable, evidenciado por la elasticidad positiva y significativa de la capacidad hidroeléctrica (0.11-0.12). Este hallazgo, robusto a través de las tres especificaciones espaciales, se alinea con estudios previos como Zizov (2023) y Bonvoisin (2015), que identifican la hidroeléctrica como tecnología clave para la transición energética en países en desarrollo. La consistencia de este coeficiente sugiere que la inversión en capacidad hidroeléctrica representa una vía tecnológicamente madura y económicamente viable para avanzar hacia las metas del ODS 7.

3.2.2 Marco institucional y gobernanza

El marco institucional emerge como el determinante más potente, con los coeficientes más elevados correspondiendo al marco legal y derechos de propiedad (0.33-0.39), significativos al 5% en todas las especificaciones. Esta magnitud sustancial encuentra respaldo teórico en varios estudios (McCauley et al., 2019; Rosicki, 2023), sugiriendo que la seguridad jurídica y los derechos de propiedad bien definidos son fundamentales para facilitar inversiones en infraestructura energética y reducir costos de transacción en proyectos energéticos sostenibles.

3.2.3 Globalización y mercado laboral

La dimensión informativa presenta un contraste interesante entre efectos de jure y de facto. La globalización informativa de facto muestra elasticidades positivas (0.07-0.14) y significativas, mientras que los efectos de jure resultan no significativos. Este patrón, consistente con los hallazgos de Boudet (2019),

sugiere que la integración efectiva en redes globales de información es más relevante que los marcos formales para la difusión de tecnologías y prácticas energéticas sostenibles.

En el aspecto laboral, la elasticidad positiva de trabajadores asalariados (0.14-0.17) indica que la formalización del empleo contribuye significativamente al cumplimiento del ODS 7. Este efecto puede atribuirse a una mayor capacidad de pago por servicios energéticos modernos y mejor acceso a financiamiento para mejoras energéticas domésticas.

3.2.4 Paradojas del desarrollo y desafíos estructurales

Paradójicamente, el PIB per cápita muestra una elasticidad negativa (-0.06 a -0.09), representando una "paradoja del crecimiento" en sostenibilidad energética. Este hallazgo contraintuitivo podría explicarse por patrones de industrialización intensivos en energía no renovable y el retraso en la adopción de tecnologías limpias durante fases iniciales de desarrollo. En cuanto a la población rural, los coeficientes negativos y significativos (-0.15 a -0.16) revelan una problemática estructural profunda en el cumplimiento del ODS 7. Esta elasticidad sugiere que un incremento del 1% en la proporción de población rural está asociado con una disminución de aproximadamente 0.15-0.16% en el índice de cumplimiento. Esta relación negativa puede explicarse por múltiples factores interrelacionados:

Primero, los desafíos de infraestructura energética en áreas rurales son considerablemente más complejos. La dispersión geográfica de la población incrementa significativamente los costos por conexión, haciendo que las inversiones en redes de distribución sean menos atractivas desde una perspectiva de eficiencia económica (Zomers, 2014). Este "efecto distancia" se magnifica en países de ingreso bajo y medio donde los recursos para infraestructura son limitados.

Segundo, existe una dimensión socioeconómica crítica: las poblaciones rurales típicamente presentan menores niveles de ingreso y mayor incidencia de pobreza, lo que afecta su capacidad de pago por servicios energéticos modernos. Esta limitación financiera se traduce en una dependencia continuada de

fuentes tradicionales de energía, como biomasa para cocción, dificultando la transición hacia energías más limpias y eficientes (Yaacoub & Alouini, 2020).

3.2.5 Financiamiento internacional y cooperación

El análisis de los flujos financieros públicos internacionales destinados al desarrollo de energías renovables revela un panorama complejo en el cumplimiento del ODS 7. La elasticidad positiva pero modesta (0.002) evidencia una relación estadísticamente significativa, aunque de magnitud limitada. Este coeficiente indica que un incremento del 1% en los flujos financieros internacionales se asocia con un aumento de apenas 0.002% en el índice de cumplimiento del ODS 7 en países de ingreso bajo y medio.

La baja elasticidad observada debe interpretarse en el contexto del Acuerdo de París y los compromisos internacionales de financiamiento climático, donde los flujos financieros hacia energías renovables constituyen un componente central. Los resultados sugieren que, a pesar del énfasis político y diplomático en la movilización de recursos internacionales, su traducción en mejoras tangibles del acceso y sostenibilidad energética ha sido más modesta de lo esperado.

Este hallazgo adquiere particular relevancia al considerar que los flujos financieros analizados representan transferencias específicamente etiquetadas para el desarrollo de energías renovables. La limitada elasticidad podría estar reflejando ineficiencias en los mecanismos de canalización de recursos, complejidades en los procesos de implementación, o posibles desajustes entre el diseño de los programas de financiamiento y las realidades locales de los países receptores.

Desde una perspectiva empírica, estos resultados dialogan con la literatura sobre efectividad de la ayuda internacional en el sector energético. La magnitud del coeficiente sugiere que la relación entre financiamiento internacional y resultados en sostenibilidad energética no es directa ni proporcional, sino que está mediada por factores institucionales y estructurales que pueden condicionar el impacto final de estos recursos.

3.2.6 Efectos espaciales y externalidades regionales

La dimensión espacial revela patrones significativos de interdependencia regional en el cumplimiento del ODS 7, evidenciados por el coeficiente λ positivo y significativo en las especificaciones de vecinos próximos y contigüidad. Esta dependencia espacial confirma la existencia de clusters regionales, sugiriendo que el desempeño en sostenibilidad energética de un país está sustancialmente influenciado por sus vecinos.

Entre los efectos de derrame más significativos destaca el marco legal y derechos de propiedad, que exhibe el spillover más pronunciado con una elasticidad de 1.01 en la especificación de distancia. Esta magnitud sustancial indica que una mejora del 1% en el marco legal de países vecinos está asociada con un incremento superior al 1% en el índice de cumplimiento del ODS 7 del país focal. La robustez de esta externalidad positiva sugiere la existencia de efectos demostración en reformas regulatorias y posibles procesos de armonización institucional regional.

La eficiencia energética presenta un patrón espacial distintivo, con un efecto negativo significativo (-0.28), sugiriendo que mejoras en la eficiencia energética de países vecinos podrían tener un efecto compensatorio en el país focal. Este resultado podría reflejar dinámicas de competencia regional o redistribución de recursos energéticos, un hallazgo que merece especial atención en el diseño de políticas energéticas regionales.

La globalización informativa muestra un contraste interesante en sus efectos espaciales: mientras la dimensión de jure exhibe un efecto positivo (0.36) en la especificación de vecinos más próximos, la dimensión de facto presenta un coeficiente negativo (-0.16). Este patrón sugiere que los marcos formales de cooperación internacional tienen efectos regionales más positivos que los flujos efectivos de información, posiblemente reflejando la importancia de las estructuras institucionales en la difusión de prácticas energéticas sostenibles.

El PIB per cápita revela un spillover negativo significativo (-0.34) en la especificación de distancia, sugiriendo la existencia de efectos de compensación económica entre regiones vecinas. Este hallazgo podría estar reflejando dinámicas de competencia o especialización productiva regional que influyen en los patrones de desarrollo energético sostenible.

La magnitud y significancia de estos efectos espaciales varía según la matriz de pesos empleada (vecinos próximos, distancia o contigüidad), indicando que la definición de "proximidad" es crucial para entender los patrones de interdependencia regional. Estos resultados subrayan la importancia de considerar las externalidades espaciales en el diseño de políticas energéticas, sugiriendo que las estrategias nacionales de cumplimiento del ODS 7 no pueden concebirse de manera aislada, sino que deben contemplar explícitamente las dinámicas regionales y los efectos de derrame transfronterizos.

Tabla 7*Resultados del Modelo Espacial Durbin (SDM) con diferentes matrices de pesos espaciales*

Variable	(1) 5 vecinos más cercanos	(2) Matriz distancia	(3) Matriz Contigüidad Rook
<i>Parámetro de autocorrelación espacial</i>			
Autorregresivo espacial (λ)	0.0747* (0.0368)	-0.0684 (0.0619)	0.0655** (0.0232)
<i>Efectos directos (sin rezago espacial)</i>			
Mortalidad por desastres	-0.00169 (0.00178)	-0.00256 (0.00177)	-0.00199 (0.00181)
Eficiencia energética	0.04968 (0.02839)	0.07998** (0.02767)	0.07668** (0.02810)
Flujos financieros internacionales hacia energías renovables	0.00160 (0.000998)	0.00204* (0.00101)	0.00150 (0.00100)
Capacidad renovable hidro	0.11370*** (0.00911)	0.11971*** (0.00912)	0.12050*** (0.00933)
Marco legal y derechos de propiedad	0.39148*** (0.05442)	0.32941*** (0.05515)	0.37754*** (0.05594)
Globalización informativa (de jure)	0.03684 (0.03299)	0.02851 (0.03242)	0.04041 (0.03271)
Globalización informativa (de facto)	0.12735*** (0.02755)	0.06995** (0.02599)	0.14279*** (0.02711)
Trabajadores asalariados (%)	0.16556*** (0.03077)	0.13559*** (0.03059)	0.16097*** (0.03092)
PIB per cápita	-0.08366* (0.03316)	-0.06236 (0.03337)	-0.08917** (0.03387)
Población rural (%)	-0.10930 (0.05693)	-0.16005** (0.05746)	-0.15329** (0.05614)
<i>Efectos espaciales (rezagos en las covariables)</i>			
Rezago Mortalidad por desastres	0.00202 (0.00395)	0.00105 (0.00621)	0.00166 (0.00245)
Rezago Eficiencia energética	0.09445 (0.06693)	-0.28354* (0.13815)	0.07345 (0.03859)
Rezago Flujos financieros internacionales hacia energías renovables	-0.00031 (0.00250)	0.00731 (0.00450)	0.00098 (0.00147)
Rezago Capacidad renovable hidro	-0.01092 (0.02366)	0.12346* (0.04999)	-0.04978*** (0.01413)
Rezago Marco legal y derechos de propiedad	0.19183 (0.14159)	1.01456*** (0.29549)	-0.09628 (0.08504)
Rezago Globalización informativa (de jure)	0.36495*** (0.08052)	-0.12833 (0.15023)	0.09894* (0.04889)
Rezago Globalización informativa (de facto)	-0.16174** (0.05937)	0.13442 (0.12491)	-0.01437 (0.03727)
Rezago Trabajadores asalariados (%)	-0.10058 (0.07855)	0.25997 (0.16670)	-0.07210 (0.04786)
Rezago PIB per cápita	-0.12104 (0.06621)	-0.33858** (0.12394)	0.05525 (0.03976)
Rezago Población rural (%)	-0.29475 (0.16027)	-0.41681 (0.31043)	-0.21281** (0.08221)

Notas: Errores estándar entre paréntesis. $\cdot p < 0.1$, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Columnas (1), (2) y (3) corresponden a la misma especificación SDM, pero con diferentes matrices de pesos espaciales

3.3 Limitaciones del estudio

La presente investigación, si bien proporciona hallazgos relevantes sobre los determinantes del cumplimiento del ODS7, presenta ciertas limitaciones metodológicas y empíricas que deben considerarse al interpretar los resultados:

3.3.1 Endogeneidad y Causalidad Reversa

La principal limitación metodológica radica en la potencial endogeneidad presente en varias relaciones analizadas. En particular, la relación entre el desarrollo económico y el cumplimiento del ODS7 podría presentar causalidad bidireccional: mientras que mayores niveles de PIB per cápita pueden facilitar la inversión en infraestructura energética sostenible, el acceso a energía moderna también puede impulsar el crecimiento económico a través de mayor productividad y oportunidades de desarrollo.

Similar situación ocurre con la calidad institucional, donde la dirección causal entre el marco legal y el desarrollo energético sostenible no es unidireccional. Si bien el modelo de efectos fijos empleado ayuda a controlar parcialmente estos problemas, la endogeneidad podría persistir, afectando la consistencia de los estimadores.

3.3.2 Limitaciones en los Datos

La construcción del índice compuesto del ODS7 presenta dos desafíos principales:

- La ponderación de componentes implica decisiones subjetivas que podrían influir en los resultados obtenidos.
- La disponibilidad de información limitó la muestra a 93 países, introduciendo potenciales sesgos de selección.

Adicionalmente, la periodicidad anual de los datos podría resultar insuficiente para capturar dinámicas de corto plazo en el desarrollo energético, especialmente en períodos de rápida transformación tecnológica o crisis económicas.

3.3.3 Especificación del Modelo

La estructura espacial del modelo, aunque robusta a diferentes especificaciones de matrices de pesos, podría no capturar completamente las interacciones entre países que, sin compartir fronteras, mantienen fuertes vínculos económicos o políticos. Asimismo, el supuesto de linealidad en los logaritmos, si bien facilita la interpretación, podría resultar restrictivo para capturar relaciones más complejas entre variables energéticas y socioeconómicas.

3.3.4 Consideraciones Temporales

El período analizado (2000-2021) incluye eventos extraordinarios como la pandemia de COVID-19, cuyos efectos disruptivos en las economías y sistemas energéticos podrían no estar completamente controlados en el modelo. Adicionalmente, los impactos de políticas energéticas y cambios institucionales frecuentemente se manifiestan con rezagos temporales que podrían extenderse más allá del período estudiado.

Capítulo 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la aplicación de la metodología propuesta, que incluyó el análisis de datos y la modelización espacial, se han alcanzado las siguientes conclusiones. Estas, se encuentran directamente vinculadas a los objetivos establecidos para comprender los factores que influyen en el ODS 7.

4.1 Conclusiones

- El análisis descriptivo y las técnicas de visualización de datos revelaron que las brechas en el acceso y uso de energía moderna persisten a nivel global durante el período 2000-2022, lo cual responde al objetivo planteado de caracterizar los patrones espaciales y temporales en el acceso y uso de energía moderna.
- Los resultados del modelo de datos de panel con efectos bidireccionales mostraron que la capacidad hidroeléctrica, el marco legal y los derechos de propiedad son variables con mayor incidencia en el cumplimiento del ODS 7, cumpliendo el objetivo específico de estimar la influencia de factores económicos, energéticos, institucionales, desastres naturales, y globales en el cumplimiento del ODS 7.
- Los resultados del modelo espacial de Durbin evidenciaron la existencia de efectos de desbordamiento (spillover effects), donde una mejora en el marco legal de países vecinos está asociada a un incremento en el cumplimiento del ODS 7 del país focal, alineada con el objetivo de cuantificar los efectos espaciales de desbordamiento en el cumplimiento del ODS 7.
- El análisis espacial con matrices de contigüidad y distancia evidenció la presencia de clusters regionales, donde la mejora en la eficiencia energética de países vecinos podría ejercer un efecto compensatorio negativo en el país focal, evidenciando la interdependencia regional en el cumplimiento del ODS 7, lo cual responde al objetivo de identificar patrones regionales que fortalezcan las estrategias de acceso universal a energía moderna.

4.2 Recomendaciones

Tras completar las fases planificadas en este proyecto, se presentan las siguientes recomendaciones principales para trabajos futuros y ampliaciones del presente estudio, con el objetivo de profundizar en la comprensión de los factores que influyen en el cumplimiento del ODS 7 y superar las limitaciones identificadas.

- La endogeneidad identificada en las relaciones entre desarrollo económico y sostenibilidad energética requiere la implementación de técnicas econométricas más sofisticadas. Se recomienda especialmente la aplicación de métodos de variables instrumentales, considerando como potenciales instrumentos shocks climáticos exógenos o cambios en regulaciones internacionales que afecten indirectamente el desarrollo energético sostenible. Complementariamente, el desarrollo de modelos de ecuaciones simultáneas permitiría capturar explícitamente la bidireccionalidad entre variables clave, mientras que la implementación de técnicas de panel dinámico ayudaría a modelar la persistencia temporal en el cumplimiento del ODS 7.
- La comprensión de los mecanismos específicos que influyen en el cumplimiento del ODS 7 requiere un análisis más granular de sus componentes. Se sugiere examinar separadamente los determinantes de cada subcomponente del índice mediante modelos espaciales individuales, prestando especial atención al acceso a electricidad y su relación con infraestructura rural, la participación de energías renovables en la matriz energética, los patrones de eficiencia energética y su difusión espacial, así como la calidad y asequibilidad de servicios energéticos modernos. Este análisis desagregado permitiría identificar patrones específicos y barreras particulares para cada dimensión del desarrollo energético sostenible, facilitando el diseño de políticas más focalizadas y efectivas.
- Los resultados sugieren la necesidad de profundizar en el análisis de heterogeneidad regional mediante la implementación de subpaneles en clústers de países con patrones similares. Este enfoque facilitaría la comprensión de cómo los efectos de derrame y las dinámicas de

difusión varían según características regionales como el nivel de desarrollo institucional, la estructura económica y la dotación de recursos naturales.

- Se recomienda expandir el alcance del análisis en tres dimensiones fundamentales. En el aspecto temporal, se sugiere extender tanto el período de estudio para capturar efectos de largo plazo en transformaciones estructurales de sistemas energéticos, como la periodicidad de los datos para identificar dinámicas de corto plazo, idealmente incorporando información trimestral donde sea posible. En cuanto a variables, resulta crucial incorporar indicadores adicionales de innovación tecnológica, calidad regulatoria y vulnerabilidad climática, así como proxies de seguridad energética tales como la diversificación de fuentes de suministro y la resiliencia de la infraestructura energética.
- La investigación futura debe fortalecer el vínculo entre análisis académico y formulación de políticas. Se recomienda desarrollar marcos de evaluación que permitan monitorear la efectividad de políticas energéticas considerando efectos espaciales. Estos marcos deberían facilitar la identificación de mejores prácticas y lecciones aprendidas que puedan adaptarse a diferentes contextos nacionales y regionales. La creación de herramientas de visualización y análisis que comuniquen efectivamente las interdependencias regionales en sostenibilidad energética resultaría particularmente valiosa para tomadores de decisiones.

Referencias

- Andrian, L. G., Cicowiez, M., Álvarez, C. M., Fuji, D., Díaz, M., Milo, A., Rodríguez, F. A., Arezki, R., Restrepo, D. C., Agudelo, D. A., Tamayo, C., Arias, J. M., Cardona, L., & Manzano, O. (2024). Financing the Productive Transition in the Andean Region. IDB Publications. <https://doi.org/10.18235/0012984>
- Balado-Naves, R., Baños-Pino, J. F., & Mayor, M. (2023). Spatial spillovers and world energy intensity convergence. *Energy Economics*, 124, 106807. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106807>
- Banco Mundial. (2024a, enero 7). World Bank country classifications by income level for 2024-2025. World Bank Blogs. <https://blogs.worldbank.org/en/opendata/world-bank-country-classifications-by-income-level-for-2024-2025>
- Banco Mundial. (2024b, junio 13). Por primera vez en una década, se revierten los avances en el acceso básico a la energía [Text/HTML]. Noticias. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2024/06/11/progress-on-basic-energy-access-reverses-for-first-time-in-a-decade>
- Bensch, G., Grimm, M., Huppertz, M., Langbein, J., & Peters, J. (2018). Are promotion programs needed to establish off-grid solar energy markets? Evidence from rural Burkina Faso. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 1060–1068. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.11.003>
- Bernard, T. (2012). Impact Analysis of Rural Electrification Projects in Sub-Saharan Africa. *The World Bank Research Observer*, 27(1), 33–51.

Bonvoisin, M. (2015). Hydropower in Sub-Saharan Africa: Making Energy and Development Possible (SSRN Scholarly Paper No. 2617024). Social Science Research Network.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2617024>

Bos, K., Chaplin, D., & Mamun, A. (2018). Benefits and challenges of expanding grid electricity in Africa: A review of rigorous evidence on household impacts in developing countries. *Energy for Sustainable Development*, 44, 64–77.
<https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.02.007>

Boudet, H. S. (2019). Public perceptions of and responses to new energy technologies. *Nature Energy*, 4(6), 446–455. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0399-x>

Bui, M.-T., & Le, T.-H. (2023). Environmental Impact of International Financial Flows in Supporting Renewable Energy Advancement for Developing Countries (SSRN Scholarly Paper No. 4646672). Social Science Research Network.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.4646672>

Chen, J. M., Umair, M., & Hu, J. (2024). Green finance and renewable energy growth in developing nations: A GMM analysis. *Heliyon*, 10(13).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33879>

Eberhard, A., Gratwick, K., Morella, E., & Antmann, P. (2017). Correction: Accelerating investments in power in sub-Saharan Africa. *Nature Energy*, 2(3), 1–1.
<https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.44>

Falchetta, G., Dagnachew, A. G., Hof, A. F., & Milne, D. J. (2021). The role of regulatory, market and governance risk for electricity access investment in sub-Saharan Africa.

Energy for Sustainable Development, 62, 136–150.

<https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.04.002>

Falchetta, G., & Tagliapietra, S. (2022). Economics of Access to Energy. En M. Hafner & G.

Luciani (Eds.), *The Palgrave Handbook of International Energy Economics* (pp. 567–

594). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86884-0_28

Fouquet, R. (2016). Historical energy transitions: Speed, prices and system transformation.

Energy Research & Social Science, 22, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.08.014>

Fuso Nerini, F., Tomei, J., To, L. S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M., Borrion, A., Spataru, C.,

Castán Broto, V., Anandarajah, G., Milligan, B., & Mulugetta, Y. (2018). Mapping

synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. *Nature*

Energy, 3(1), 10–15. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0036-5>

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*,

15(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/su151914115>

IEA, I. R. E. N. A., UNSD, W. B., & W.H.O. (2024). *Tracking SDG 7: The Energy Progress*

Report.

Jacome, V., Klugman, N., Wolfram, C., Grunfeld, B., Callaway, D., & Ray, I. (2019). Power

quality and modern energy for all. *Proceedings of the National Academy of Sciences of*

the United States of America, 116(33), 16308–16313.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1903610116>

Kwakwa, P. A., Adusah-Poku, F., Adjei-Mantey, K., School of Management Sciences and Law,

University of Energy and Natural Resources, Sunyani, Ghana, Department of Economics,

Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana, & Graduate School of Economics, Kobe University, Kobe, Japan. (2021). Towards the attainment of sustainable development goal 7: What determines clean energy accessibility in sub-Saharan Africa? *Green Finance*, 3(3), 268–286. <https://doi.org/10.3934/GF.2021014>

Lewis, J. J., & Pattanayak, S. K. (2012). Who adopts improved fuels and cookstoves? A systematic review. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 637–645. <https://doi.org/10.1289/ehp.1104194>

Madurai Elavarasan, R., Nadarajah, M., Pugazhendhi, R., Sinha, A., Gangatharan, S., Chiaramonti, D., & Abou Houran, M. (2023). The untold subtlety of energy consumption and its influence on policy drive towards Sustainable Development Goal 7. *Applied Energy*, 334, 120698. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120698>

Madurai Elavarasan, R., Pugazhendhi, R., Jamal, T., Dyduch, J., Arif, M. T., Manoj Kumar, N., Shafiullah, G., Chopra, S. S., & Nadarajah, M. (2021). Envisioning the UN Sustainable Development Goals (SDGs) through the lens of energy sustainability (SDG 7) in the post-COVID-19 world. *Applied Energy*, 292, 116665. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116665>

Malcolm, B., Moussa Pouguintimpo, Cosgove-Davies. (2019). Electricity Access in Sub-Saharan Africa: Uptake, Reliability, and Complementary Factors for Economic Impact. World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/837061552325989473/Electricity-Access-in-Sub-Saharan-Africa-Uptake-Reliability-and-Complementary-Factors-for-Economic-Impact>

Mazzoni, D. (2019). Digitalization for Energy Access in Sub-Saharan Africa: Challenges, Opportunities and Potential Business Models (SSRN Scholarly Paper No. 3364168). Social Science Research Network. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3364168>

McCauley, D., Ramasar, V., Heffron, R. J., Sovacool, B. K., Mebratu, D., & Mundaca, L. (2019). Energy justice in the transition to low carbon energy systems: Exploring key themes in interdisciplinary research. *Applied Energy*, 233–234, 916–921. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.005>

McCollum, D. L., Zhou, W., Bertram, C., de Boer, H.-S., Bosetti, V., Busch, S., Després, J., Drouet, L., Emmerling, J., Fay, M., Fricko, O., Fujimori, S., Gidden, M., Harmsen, M., Huppmann, D., Iyer, G., Krey, V., Kriegler, E., Nicolas, C., ... Riahi, K. (2018). Energy investment needs for fulfilling the Paris Agreement and achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, 3(7), 589–599. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0179-z>

McDade, S. (2015). El Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 y el desarrollo energético sostenible en américa latina y el caribe | Naciones Unidas. United Nations; United Nations. <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-objetivo-de-desarrollo-sostenible-7-y-el-desarrollo-energetico-sostenible-en-america-latina-y-el>

Mentis, D., Howells, M., Rogner, H., Korkovelos, A., Arderne, C., Zepeda, E., Siyal, S., Taliotis, C., Bazilian, M., de Roo, A., Tanvez, Y., Oudalov, A., & Scholtz, E. (2017). Lighting the World: The first application of an open source, spatial electrification tool (OnSSET) on Sub-Saharan Africa. *Environmental Research Letters*, 12(8), 085003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7b29>

- Mishra, R., Rahut, D. B., Bera, S., Dendup, N., & Sonobe, T. (2024). In pursuit of sustainable development goal 7- Evidence of clean cooking fuel usage from 46 developing countries. *The Electricity Journal*, 37(4), 107408. <https://doi.org/10.1016/j.tej.2024.107408>
- Muchunku, C., Ulsrud, K., Palit, D., & Jonker-Klunne, W. (2018). Diffusion of solar PV in East Africa: What can be learned from private sector delivery models? *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 7(3).
<https://ideas.repec.org//a/bla/wireae/v7y2018i3ne282.html>
- Ocen, S., Nkurunziza, G., Bagire, V., Echegu, S., Ssekakubo, J., & Atukunda, R. (2024). Unveiling factors influencing choice of clean cooking solutions among households: A systematic review of literature. *Frontiers in Sustainability*, 5.
<https://doi.org/10.3389/frsus.2024.1452900>
- Omri, A., & Nguyen, D. K. (2014). On the determinants of renewable energy consumption: International evidence. *Energy*, 72, 554–560.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.05.081>
- Pattanayak, S. K., Jeuland, M., Lewis, J. J., Usmani, F., Brooks, N., Bhojvaid, V., Kar, A., Lipinski, L., Morrison, L., Patange, O., Ramanathan, N., Rehman, I. H., Thadani, R., Vora, M., & Ramanathan, V. (2019). Experimental evidence on promotion of electric and improved biomass cookstoves. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(27), 13282–13287. <https://doi.org/10.1073/pnas.1808827116>
- Rathi, S. S., & Vermaak, C. (2018). Rural electrification, gender and the labor market: A cross-country study of India and South Africa. *World Development*, 109, 346–359.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.05.016>

Río, P. del, & Ragwitz, M. (2023). Handbook on the Economics of Renewable Energy. Edward Elgar Publishing.

Rosicki, R. (2023). Energy transition in the European Union—Institutional and legal factors. *Rocznik Integracji Europejskiej*, 17, Article 17. <https://doi.org/10.14746/rie.2023.17.10>

Rosnes, O., & Vennemo, H. (2009). Powering up: Costing power infrastructure spending needs in Sub-Saharan Africa (Africa Infrastructure Country Diagnostic (AICD)). World Bank.

Rybak, A., Rybak, A., Joostberens, J., & Kolev, S. D. (2024). Key SDG7 Factors Shaping the Future of Clean Coal Technologies: Analysis of Trends and Prospects in Poland. *Energies*, 17(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/en17164133>

SDG Transformation Center. (2024, junio 17). SDG Index. <https://sdgtransformationcenter.org/sdgindex>

Sizov, A. A. (2023). Development of Hydropower Generation as a Factor of Modern Transformations of International Relations. *Международные отношения*, 3, 81–97. <https://doi.org/10.7256/2454-0641.2023.3.43535>

Sunil, M., & Govinda, T. (2014). Household cooking fuel choice and adoption of improved cookstoves in developing countries: A review. World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/542071468331032496/Household-cooking-fuel-choice-and-adoption-of-improved-cookstoves-in-developing-countries-a-review>

Taneja, J. (2018). If You Build It, Will They Consume? Key Challenges for Universal, Reliable, and Low-Cost Electricity Delivery in Kenya - Working Paper 491.

<https://www.cgdev.org/publication/if-you-build-it-will-they-consume-key-challenges-universal-reliable-and-low-cost>

van de Walle, D., Ravallion, M., Mendiratta, V., & Koolwal, G. (2013). Long-term impacts of household electrification in rural India. Policy Research Working Paper Series, Article 6527. <https://ideas.repec.org/p/wbk/wbrwps/6527.html>

Van Leeuwen, R., Evans, A., & Hyseni, B. (2017). Increasing the Use of Liquefied Petroleum Gas in Cooking in Developing Countries. World Bank, Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/26569>

Wang, J.-Z., Feng, G.-F., & Chang, C.-P. (2024). How does political instability affect renewable energy innovation? *Renewable Energy*, 230, 120800. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120800>

World Health Organization. (2024). Household air pollution. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>

World Resources Institute. (2022). Climate Watch Historical GHG Emissions. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=percentage>

Yaacoub, E., & Alouini, M.-S. (2020). A Key 6G Challenge and Opportunity—Connecting the Base of the Pyramid: A Survey on Rural Connectivity. *Proceedings of the IEEE*, 108(4), 533–582. *Proceedings of the IEEE*. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2976703>

Zomers, A. (2014). Remote Access: Context, Challenges, and Obstacles in Rural Electrification. *IEEE Power and Energy Magazine*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Remote->

Access%3A-Context%2C-Challenges%2C-and-Obstacles-

Zomers/c8b6f75c4591a6483c6607090e8f4481109c8aa1?utm_source=consensus