

# DETERMINANTES DEL CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA UNIÓN EUROPEA: UN ANÁLISIS ENTRE UE-15 Y LOS 13 NUEVOS MIEMBROS

## DETERMINANTS OF THE RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION IN THE EUROPEAN UNION: AN ANALYSIS BETWEEN EU-15 AND THE 13 NEW MEMBERS

Lucas da Silva Almeida (Universidad de Granada; Centro Universitario Maria Milza)\*

### Resumen

El cambio climático es una gran preocupación mundial y está estrechamente relacionado con las estrategias utilizadas para generación y consumo de energía. Así, la búsqueda de fuentes de energías renovables ha crecido exponencialmente en las últimas décadas. A nivel de la Unión Europea (UE) se estableció que para 2020 el porcentaje de EERR debería cubrir un 20 por cien del consumo total de energía y para el 2030, al menos un 32 por cien. En este sentido, el objetivo de este trabajo es analizar el efecto de factores económicos y sociales en el consumo de energías renovables en el período 1995-2018 en los países de la UE, considerando, por un lado, el grupo UE-15, y, por otro, los 13 países que se incorporaron a la UE desde 2004. A través de la técnica de datos de panel se estimaron modelos que permiten concluir que el comportamiento de las variables es distinto al considerar la UE-28, el grupo UE-15 y el grupo de los 13 nuevos países miembros. Para cumplir con el objetivo propuesto para 2030 es necesario tener en cuenta la heterogeneidad entre países y elaborar planes que combinen aspectos económicos y sociales.

**Palabras clave:** energía renovable, factores económicos, factores sociales, Unión Europea.

**Códigos JEL:** O52, Q20, Q42

### Abstract

Climate change is a major global concern and is closely related to the strategies used for energy generation and consumption. Thus, the search for renewable energy sources has grown exponentially in recent decades. At the level of the European Union (EU) it was established that by 2020 the percentage of renewable energy should cover 20 per cent of total energy consumption and by 2030, at least 32 per cent. In this sense, the objective of the study was to analyze the effect of economic and social factors on the consumption of renewable energies in EU countries, considering the EU-15 group and the 13 others that incorporated from 2004, for the years of 1995 and 2018. Through the panel data technique, models were estimated, which allow us to conclude that the behavior of the variables is different when considering the entire block, the EU-15 group and the group of 13 new ones, with respect to renewable energy consumption. To meet the 2030 target, it is necessary to take into account the heterogeneity among countries and to elaborate plans that combine economic and social factors.

**Keywords:** renewable energy, economic factors, social factors, European Union.

**JEL Codes:** O52, Q20, Q42

\* Correo-e: [lucasalmeida@correo.ugr.es](mailto:lucasalmeida@correo.ugr.es); [lucasalmeida@famam.com.br](mailto:lucasalmeida@famam.com.br)

Fecha de envío: 03/12/2021. Fecha de aceptación: 14/12/2021.

## 1. INTRODUCCIÓN

La clave para revertir la situación climática global está en la estrategia definida sobre la forma en que se genera y se consume la energía. En ese sentido, las energías renovables (EERR) son la pieza fundamental para ese proceso, dado que contribuyen no sólo a la conservación del medio ambiente, sino también a la mejora de aspectos económicos y sociales (Akizu-Gardoki *et al.*, 2018).

A nivel mundial existe una gran dificultad para cambiar el uso de energía no renovable por fuentes de EERR. Los datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA<sup>1</sup>), indican que el porcentaje de suministro de energía primaria en el mundo por medio de fuentes de EERR, prácticamente no ha cambiado, en las últimas cuatro décadas. Así, en 1971 representaban el 13,1 por cien y en 2018 el 13,8 por cien (IEA, 2020).

Esta dificultad de cambio se explica por una serie de problemas que obstaculizan la implementación de las fuentes de energía renovables, y que van desde la forma ineficiente en que las personas usan la energía, a la falta de información o conocimiento sobre la importancia de las energías limpias, los fallos del mercado o el acceso a las materias primas para el despliegue de recursos renovables (Owusu & Asumadu-Sarkodie, 2016).

A finales de 2019 el consumo mundial de energía renovable representaba un 19,9 por cien del consumo final de energía (REN21, 2021). La clasificación elaborada por REN21 clasifica a las energías renovables en dos grandes grupos, energías renovables modernas y biomasa tradicional. La participación de cada una de ellas en 2019 fue del 11,2 por cien y el 8,7 por cien, respectivamente. A su vez, las energías renovables modernas se subdividen en: biomasa/solar/calor geotérmico (4,2 por cien); energía hidroeléctrica (3,6 por cien); energía eólica/solar/biomasa/geotérmica/oceánica (2,4 por cien) y biocombustible para el transporte (1,0 por cien) (REN21, 2021).

En el contexto de la UE se resalta la importancia que tiene el consumo de EERR como mecanismo facilitador del cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) propuestos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y, más concretamente del séptimo, que se refiere a la energía asequible y no contaminante. Por ello se han fijado metas orientadas a incrementar el consumo de EERR. Así, el objetivo actual para 2030 es que el 32 por cien del consumo total de energía se cubra a través de EERR, como se informa en la Directiva (UE) 2018/2001 (European Union, 2018).

El cumplimiento del objetivo antes mencionado implica un gran reto para la UE, pese a que estaba cerca de cumplir del objetivo fijado para 2020, y en 2019 el porcentaje de demanda de energía de la UE cubierta con EERR fue del 18,9 por cien, muchos de sus países encuentran dificultades en esa transición. De esa forma la Comisión Europea ha demostrado una gran preocupación en este sentido, con los países que se encuentran aún lejos de cumplir los objetivos fijados como es el caso de Bélgica, Francia, Irlanda, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia y Reino Unido (Eurostat, 2021).

Para la UE las fuentes de energía renovables son aquellas naturales inagotables, como la eólica, solar, hidroeléctrica, oceánica, geotermal, de la biomasa y de los biocarburantes. Más allá de contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la diversificación del suministro energético, son también la alternativa para disminución de la dependencia de los mercados de combustibles fósiles, externos a la UE y considerados como volátiles y poco fiables (European Parliament, 2019).

---

<sup>1</sup> International Energy Agency.

La disponibilidad de información relacionada con los determinantes del consumo de EERR es fundamental para la creación de estrategias que permitan el cumplimiento de los objetivos propuestos. En ese sentido, la revisión de la literatura sobre las causas que motivan el uso de EERR, muestra la utilización de diferentes variables a la hora de medir el consumo de energía renovable, como son el consumo de energía renovable total (REC), el consumo de energía renovable per cápita (RECpc), el consumo de energía eléctrica renovable (REEC) y la participación de las fuentes renovables en el consumo de energía (REC%). Esta última, es la empleada en este trabajo.

Uno de los trabajos seminales acerca del consumo de energía es el elaborado por Kraft & Kraft (1978). En él se examina la relación entre el consumo bruto de energía y el producto nacional bruto, encontrando una causalidad bidireccional entre estas dos variables. Desde comienzos del siglo XXI aumenta el número de investigaciones que relacionan consumo de energía, emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), comercio, inversión extranjera directa y crecimiento económico. Los resultados de estos estudios difieren e incluso son contradictorios, según los períodos de tiempo y/o regiones examinados (Ergun *et al.*, 2019).

Centrándonos en el efecto del consumo de EERR sobre el crecimiento económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> hay diversas investigaciones. Sin embargo, existen pocos trabajos acerca de los determinantes del consumo de energía renovable o centrados en los factores relacionados con la participación de las fuentes renovables en el consumo de energía. Entre estos trabajos podemos citar análisis realizados para México (Mele, 2019), Arabia Saudí (Toumi & Toumi, 2019), algunos países del continente africano (Attiaoui *et al.*, 2017; Ergun *et al.*, 2019), y, de modo más amplio, algunos estudios para grupos de países como la UE (Marra & Colantonio, 2021), 42 países en desarrollo (Ito, 2017) o 124 países (Amuakwa-Mensah & Näsström, 2022).

En este trabajo se examinan los principales motores del consumo de energía renovable en la UE, diferenciando entre el grupo que componen el bloque hace más tiempo (UE-15) y el grupo de los 13 “nuevos países miembros” (UE-NEW). En el análisis se tienen en cuenta, no sólo aspectos económicos, sino también político-sociales. La contribución del trabajo es doble. Por un lado, a diferencia de la mayor parte de estudios previos, se utiliza como variable dependiente el porcentaje de consumo de energía renovable en el consumo final de energía total, en lugar de utilizar el valor absoluto de este consumo. Además, se tienen en cuenta factores tanto económicos como sociales. Por otro, se tratan de identificar las diferencias dentro del bloque de la UE.

El trabajo se divide en cinco secciones. En la segunda sección se lleva a cabo una breve revisión de la literatura sobre los factores determinantes del consumo de energía renovable. La tercera sección presenta los datos y la metodología utilizada para el desarrollo del análisis empírico. En la cuarta sección se discuten los resultados obtenidos. Finalmente, en la última sección se resumen las principales conclusiones alcanzadas.

## 2. REVISIÓN DE LOS ESTUDIOS QUE ANALIZAN LOS DETERMINANTES DEL CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE

Dentro de los estudios que examinan los factores determinantes del consumo de energía renovable se identifican cuatro formas de medir el consumo de energía renovable: consumo total (REC); consumo per cápita (RECpc); consumo de electricidad (REEC); porcentaje de consumo (REC%). Como se indicó anteriormente, en este estudio se toma como variable dependiente el porcentaje de consumo de energía. La Tabla 1 muestra un resumen de los principales trabajos que analizan el consumo de energía renovable.

**TABLA 1 – RESUMEN DE LA LITERATURA SOBRE LOS DETERMINANTES DEL CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE**

<b>Autor</b>	<b>Período</b>	<b>Países estudiados</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>
Sadorsky (2009a)	1980-2005	G7	Cointegración de paneles; FMOLS; DOLS.	Impacto en RECpc: PIBpc (+); CO <sub>2</sub> E (+).
Sadorsky (2009b)	1994-2003	18 países emergentes	FMOLS; DOLS; OLS.	Impacto en RECpc: PIBpc (+).
Apergis et al. (2010)	1984-2007	19 países desarrollados y en desarrollo	Modelo dinámico de corrección de errores; Causalidad de Granger.	Impacto en REC: PIBpc (+); CO <sub>2</sub> (-); NEC (-).
Apergis & Payne (2010b)	1985-2005	20 países OECD	VECM; Causalidad de Granger.	Impacto en REC: PIBpc (+); LF (+); GFCF (+).
Apergis & Payne (2010a)	1992-2007	13 países de Eurasia	VECM; Causalidad de Granger.	Impacto en REEC en SR: PIB (+); GFCF (-).
Apergis & Payne (2011)	1990-2007	80 países	Modelos de corrección de errores.	Impacto en REEC en SR: PIB (+); GFCF (+); NREC (+).
Salim & Rafiq (2012)	1980-2006	6 países emergentes	ARDL; FMOLS; DOLS; y Causalidad de Granger.	Impacto en RECpc: PIBpc (+).
Apergis & Payne (2012)	1990-2007	80 países	VECM; Dinámicas causales.	Impacto en REEC: PIB (+); NREEC (-) en SR.
Al-Mulali et al. (2013)	1980-2009	109 países	FMOLS.	Impacto en REEC: 79% ↔ (+) PIB; 19% no LR causalidad entre PIB; 2% PIB → REC.
Sebri & Ben-Salha (2014)	1971-2010	3 BRICS países	ARDL; FMOLS, DOLS.	Impacto en REEC: PIB (+) en Brasil; CO <sub>2</sub> E (-) en Brasil, India y Sudáfrica; AC (+) in Brasil y India.
Lin & Moubarak (2014)	1977-2011	China	ARDL.	Impacto en REC: CO <sub>2</sub> E (+); LF (+); PIBpc (+).
Ben Aïssa et al. (2014)	1980-2008	11 países africanos	VECM.	No SR o LR causalidad entre comercio y REC.
Apergis & Payne (2014)	1980-2010	7 países América Central	El vector de cointegración a largo plazo utilizando FMOLS.	Impacto en RECpc: PIBpc (+), CO <sub>2</sub> Epc (+), CP (+); OP (+).
Salim & Shafiei (2014)	1980-2011	29 países OECD	Efectos comunes correlacionados.	Impacto en REC: Población (+); Servicios (-).
Salim et al. (2014)	1980-2012	29 países OECD	PMG; ARDL.	Impacto en REC: NREC (-).

continúa

<b>Autor</b>	<b>Período</b>	<b>Países estudiados</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>
Ben Jebli et al. (2015)	1980-2010	24 países de África subsahariana	Causalidad de Granger.	Impacto en RECpc: Exportación → (+); Importación → (+).
Omri et al. (2015)	1990-2011	64 países	OLS; efectos fijos y aleatorios; GMM.	Impacto en RECpc: PIBpc (+).
Doytch & Narayan (2016)	1985-2012	74 países	GMM; Estimador de panel dinámico Blundell-Bond.	Impacto en REC en todos países: IED (+). Impacto en REC en MIC: IEDfin (-). Impacto en REC en HIC: IED (+); IEDfin (+); IEDman (-); IEDserv (+).
Ben Jebli (2016)	1990-2011	Tunisia	ARDL.	Impacto en REC: PIBpc (+); CO <sub>2</sub> E (+); HI (+); RT (-).
Saidi & Ben Mbarek (2016)	1990-2013	9 países desarrollados	Causalidad de Granger; FMOLS; DOLS.	Impacto en REC: PIBpc (+); CO <sub>2</sub> E (-); NEC (-).
Ben Jebli & Ben Youssef (2017)	1980-2011	Tunisia	VECM; Causalidad de Granger.	Impacto en RECpc: AVApc (+).
Attiaoui et al. (2017)	1990-2011	22 países africanos	ARDL-PMG; Causalidad de Granger.	Impacto en REC%: CO <sub>2</sub> E (-); NREC (+); PIB (no afecta).
Ito (2017)	2002-2011	42 países en desarrollo	GMM; PMG.	Impacto en REC%: CO <sub>2</sub> E (-); FEC (-); PIB (-).
Amri (2017)	1990-2012	72 países	GMM; Estimador de panel dinámico Blundell-Bond.	Impacto en REEC: PIB (+); AC (+); GFCF (+).
Cherni & Jouini (2017)	1990-2015	Tunisia	ARDL y Causalidad de Granger.	Impacto en REC: ↔ (+) PIB.
Chen (2018)	1996-2013	China	GMM.	Impacto en REC: PIBpc (+); CO <sub>2</sub> Epc (+); Urbano (+); EXpc (+) en regiones del este, central y nacional, (-) en occidental; IMpc (+) en central, (-) en regiones del este, occidental y nacional.
Marinaş et al. (2018)	1990-2014	10 EU miembros de CEE	PMG.	Impacto en REC en LR: PIB (+).
Rasouli-nezhad & Saboori (2018)	1992-2015	países CIS región	FMOLS; DOLS.	Impacto en REC: PIB (+); CO <sub>2</sub> E (+); NREC (+); AC (+), FO (+).
Eren et al. (2019)	1971-2015	India	Quasi-GLS; DOLS; Causalidad de Granger.	Impacto en REC: ↔ (+) PIB; → (+) FD.
Mele (2019)	1980-2017	México	No causalidad de Granger.	Impacto en REC%: PIB (no afecta); GFCF (+); LF (no afecta).
Amri (2019)	1990-2012	72 países	GMM.	Impacto en REEC: AC (+).

continúa

**TABLA 1 – RESUMEN DE LA LITERATURA SOBRE LOS DETERMINANTES DEL CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE (continuación)**

Autor	Período	Países estudiados	Método	Resultados
Ergun et al. (2019)	1990-2013	21 países africanos	FE y RE GLS.	Impacto en REC%: PIBpc (-); IED (+); AC (-); IDH (-); DEM (no afecta).
Nguyen & Kakinaka (2019)	1990-2013	107 países	FMOLS y DOLS.	Impacto en REC: [PIB (-); CO <sub>2</sub> E (+); OP (+)] en LIC; [PIB (+); CO <sub>2</sub> E (-); OP (-)] en MIC; [PIB (+); CO <sub>2</sub> E (-); OP (+)] en HIC.
Toumi & Toumi (2019)	1990-2014	Reino de Arabia Saudí	Modelo de retardo distribuido autorregresivo no lineal (NARDL).	Impacto en REC% en SR: PIBpc++ (+); PIBpc-- (-); CO <sub>2</sub> Epc++ (-); CO <sub>2</sub> Epc-- (-). Impacto en REC% en LR: PIBpc++ (-); PIBpc-- (+); CO <sub>2</sub> Epc++ (+); CO <sub>2</sub> Epc-- (+).
Olan-rewaju et al. (2019)	1990-2015	5 países africanos	Pooled OLS, FE y RE.	Impacto en REC: EI (-); OR (-); CR (-); NGR (+); CI (-).
Zhao et al. (2020)	1980-2016	China	OLS; FMOLS.	Impacto en REC: FD (+); AC (-); PIBpc (+); Tecnología (+).
Khan et al. (2020)	1980-2018	192 países	Modelo de regresión de cuantil de panel.	Impacto en REC%: CO <sub>2</sub> E (-); Urbano (+); AC (-); IED (-); FD (+); LF (+); MT (+).
Anton & Afloarei Nucu (2020)	1990-2015	28 países UE	Modelo de efectos fijos.	Impacto en REC%: PIBpc (-); IED (-); FD (+); CPI (+).
Sohail et al. (2021)	1985-2019	EE.UU.	ARDL; NARDL.	Impacto en REC: MPU (-) en SR-LR; GE (+); PIBpc (+); CPI (+).
Hashemi-zadeh et al. (2021)	1990-2016	20 países emergentes	DKSE; FGLS; PCSE.	Impacto en RECpc: ↔ (-) PD; AC (-); PIBpc (+); Urbano (+).
Marra & Colantonio (2021)	1990-2015	12 países UE	PVAR; causalidad de Granger.	Impacto en REC%: EP (+); EFN (+); CO <sub>2</sub> E (+); PIBpc (-) IM (-); ED (-).
Amuakwa-Mensah & Näsström (2022)	1998-2012	124 países	GMM.	Impacto en REC%: [MC; AS; ME] (+) en HIC; [RA; MC; FS] (+) en MIC y LIC.

Notas: → unidireccional; ↔ bidireccional; + positivo; - negativo; ++ representa el cambio positivo de la función acumulativa; -- representa el cambio negativo de la función acumulativa; (pc) per cápita; AC apertura comercial; AS calidad de activos; AVA valor agrícola añadido; CI intensidad de carbón; CO<sub>2</sub>E emisiones de CO<sub>2</sub>; CP precio del carbón; CPI índice de precios al consumidor; CR rentas de carbón; DEM democracia; ED educación; EI intensidad energética; EP política ambiental; EX exportaciones; FD desarrollo financiero; FEC consumo de energía de combustibles fósiles; FO apertura financiera; FS estabilidad financiera; GE gastos gubernamentales; GFCF formación bruta de capital fijo; HI indicador de salud; HIC países de altos ingresos; IDH índice de desarrollo humano; IED inversión extranjera directa; IED<sub>fin</sub> IED financiera; IED<sub>man</sub> IED manufactura; IED<sub>serv</sub> IED servicios; IM importaciones; LF fuerza laboral; LIC países de bajos ingresos; LR largo plazo; MC capitalización; ME gestión eficiente; MIC países de ingresos medios; MT comercio de mercancías; NEC consumo de energía nuclear; NGR rentas de gas natural; NREC consumo de energía no renovable; NREEC consumo de energía eléctrica no renovable; OP precio del petróleo; OR rentas petroleras; PD deuda pública; PIB producto interior bruto; REC consumo de energía renovable; REC% participación del REC; REEC consumo de energía eléctrica renovable; RA retorno de los activos; RT transporte ferroviario; SR corto plazo.

Como puede observarse, se aplican diferentes métodos econométricos de datos de panel y pruebas de causalidad. Además, la mayoría de los estudios emplean el valor absoluto del consumo de energía renovable como variable dependiente, con estudios en China (Chen, 2018; Lin & Moubarak, 2014; Zhao *et al.*, 2020), India (Eren *et al.*, 2019), Túnez (Ben Jebli, 2016; Cherni & Jouini, 2017), Estados Unidos (Sohail *et al.*, 2021), países de la OCDE (Apergis & Payne, 2010b; Salim *et al.*, 2014; Salim & Shafiei, 2014), miembros de la UE de Europa central y oriental (Marinaş *et al.*, 2018), países de la Comunidad de Estados Independientes (Rasoulinezhad & Saboori, 2018), países africanos (Ben Aïssa *et al.*, 2014; Olanrewaju *et al.*, 2019), con nueve países desarrollados (Saidi & Ben Mbarek, 2016), con 19 países desarrollados y en desarrollo (Apergis *et al.*, 2010) y, a nivel global, con 74 países (Doytch & Narayan, 2016) y 107 países (Nguyen & Kakinaka, 2019).

Otro grupo de trabajos examina el consumo de energía renovable per cápita para evaluar sus determinantes. Aquí encontramos estudios para Túnez (Ben Jebli & Ben Youssef, 2017), para los países del G7 (Sadorsky, 2009a), para los países emergentes (Hashemizadeh *et al.*, 2021; Sadorsky, 2009b; Salim & Rafiq, 2012), para siete países centroamericanos (Apergis & Payne, 2014), para 24 países del África subsahariana (Ben Jebli *et al.*, 2015) y, a nivel global, para 64 países (Omri *et al.*, 2015)

Entre los trabajos que consideran el consumo de electricidad renovable como variable dependiente, cabe citar los realizados para tres países de grupo BRICS (Sebri & Ben-Salha, 2014), para 13 países de Eurasia (Apergis & Payne, 2010a), y, a nivel global, para 72 países (Amri, 2017, 2019), 80 países (Apergis & Payne, 2011, 2012) y 109 países (Al-Mulali *et al.*, 2013).

Centrándonos en aquellos trabajos que emplean el REC%, cabe destacar la heterogeneidad de los resultados obtenidos. Attiaoui *et al.* (2017) examinan 22 países africanos. Los resultados mostraron que las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen una relación negativa con el REC%, es decir, a medida que aumenta las emisiones de CO<sub>2</sub>, hay menos consumo de energía proveniente de fuentes de EERR. El consumo de energía no renovable mostraba una relación positiva con el consumo de energía de fuentes renovables, lo que indica que en estos países hay una relación complementaria entre los dos tipos de fuentes, probablemente debido a que son países en desarrollo con una creciente demanda de energía. Se encontró también que el producto interior bruto (PIB) no afectaba el consumo de energía renovable.

El trabajo de Ito (2017) para 42 países en desarrollo, ubicados en diferentes partes del mundo, concluye las emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo de energía de combustibles fósiles y el producto interior bruto, tienen un impacto negativo en estos países. En particular, la energía proveniente de combustibles fósiles tiene una relación de sustitución con la energía de fuentes renovables. Además, el PIB tiene un efecto negativo sobre el consumo de energía renovable, denotando la necesidad por más inversiones en este tipo de fuentes.

El estudio de Mele (2019) para México sugiere que la formación bruta de capital fijo tiene un efecto positivo en el consumo de energía renovable, lo que parece apuntar que las empresas en este país realizan inversión en bienes de capital relacionados con las energías renovables, y que los empresarios son conscientes del retorno positivo de esas inversiones. Por el contrario, el PIB y la fuerza de trabajo no tienen efecto sobre el consumo de energía renovable.

Otro estudio que también considera países de África (21 países) es el de Ergun *et al.* (2019). En este estudio los resultados indican que el PIB per cápita, la apertura comercial y el desarrollo humano tienen un impacto negativo sobre el consumo de energía renovable, por el contrario, la inversión extranjera directa tiene un efecto positivo y los parámetros considerados para medir la democracia no tienen efecto. Los autores explican la relación negativa entre el PIB y el consumo de energía renovable por tratarse de países en desarrollo, en particular por la

utilización de opciones más económicas de generación de energía, como la energía fósil. En lo que se refiere al impacto negativo del índice de desarrollo humano (IDH), los autores explican que la mayor parte de la energía renovable consumida en estos países se genera mediante métodos tradicionales y que con el aumento del IDH los métodos tradicionales son sustituidos por métodos modernos que utilizan combustibles fósiles y que son más baratos en comparación con las tecnologías avanzadas de energía renovable. También señalan que la inversión directa extranjera puede mejorar las tecnologías de energía renovable en África.

Toumi & Toumi (2019) analizan el comportamiento de las variables REC%, PIB per cápita y emisiones de CO<sub>2</sub>, a corto y largo plazo y con cambios positivos y negativos de la función acumulada. Los resultados obtenidos a corto plazo muestran que el PIB per cápita con cambios positivos tiene un efecto positivo en el REC%, mientras que el PIB per cápita con cambios negativos tiene un efecto negativo en el REC%. Aún en el corto plazo, las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita con cambios positivos tiene un efecto negativo en el REC% y las emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita con cambios negativos también tiene efecto negativo. Curiosamente, a largo plazo los resultados son opuestos a los obtenidos a corto plazo.

A nivel global, el trabajo de Khan *et al.* (2020) considera 192 países entre 1980 y 2018 y emplea un modelo de regresión de panel por cuantiles. El estudio analiza la relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub>, el desarrollo financiero y el REC%, concluyendo que las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen un efecto negativo mientras que el desarrollo financiero tiene un impacto positivo en el REC%. Además, también se consideran otras variables, como la urbanización (con efecto positivo), la IED (con efecto negativo), la fuerza laboral (con efecto positivo) y el comercio de mercancías (con efecto positivo). Además, el estudio de Amuakwa-Mensah & Näsström (2022) considera 124 países y analiza el periodo 1998-2012. El objetivo se centra en examinar el efecto del desempeño bancario en el REC%, y concluye que hay efectos heterogéneos de la relación entre desempeño bancario y REC% entre países por nivel de ingresos.

En el ámbito de la UE, encontramos pocos análisis, el realizado por Anton & Afloarei Nucu (2020), examina los 28 países de la UE en el periodo 1990-2015 y aplica el modelo de panel de efectos fijos. El objetivo principal del trabajo era analizar el comportamiento del desarrollo financiero en REC%, concluyendo que el desarrollo financiero tiene un impacto positivo en REC%. Además, el estudio encontró que el PIBpc tiene un efecto negativo en el REC% así como en la IED, mientras que el desarrollo financiero y el índice de precios al consumidor tiene un efecto positivo en el REC%. También se encontró que el crecimiento de PIBpc no tiene ningún efecto sobre REC%. Además, el estudio de Marra & Colantonio (2021) examina el grupo de los 12 mayores importadores de energía de los países de la UE en el periodo 1990-2015. El objetivo fue investigar los impulsores del REC%, centrándose más en el papel de los aspectos socio-técnicos. Concluyen que la combinación de conciencia pública y educación ambiental puede ayudar al despliegue de EERR.

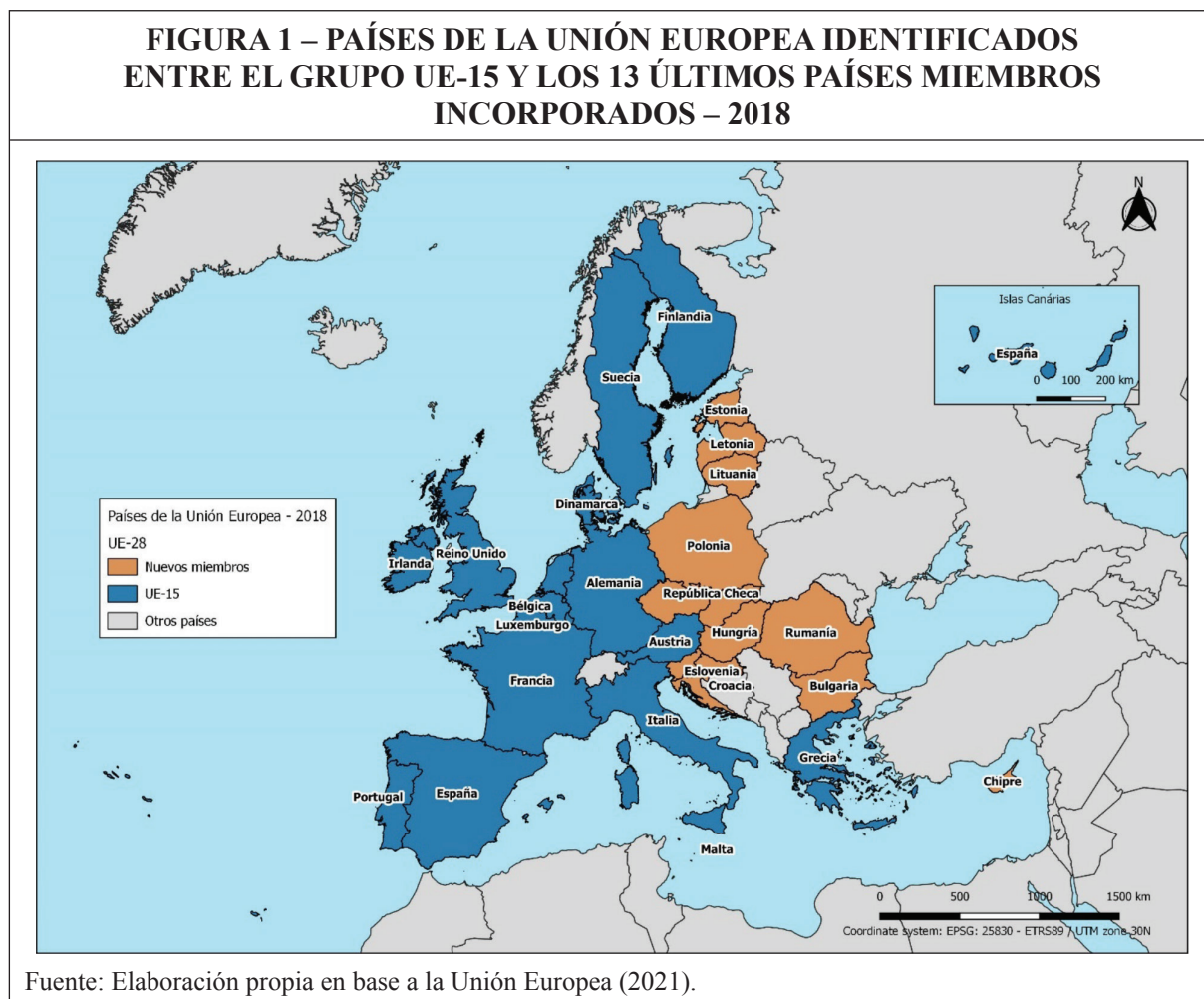
### 3. DATOS Y METODOLOGÍA

#### 3.1 Datos

Este trabajo examina los 28 países que formaban la UE hasta el último año estudiado (2018), diferenciando entre el grupo UE-15 y los del UE-NEW que se agregaron por último al bloque. La UE se establece mediante del Tratado de la Unión Europea firmado en febrero del año de 1992 (Unión Europea, 1992), englobando a 12 países. Más tarde, en el año 1995, se agregaron otros tres países al bloque formando el grupo UE-15, desde entonces hasta al año 2018 se han incorporado otros 13 países, constituyéndose así la UE-28. Actualmente



el bloque está formado por 27 países, con la salida de Reino Unido en febrero de 2020 (Unión Europea, 2021). El período de estudio considerado en este trabajo es el comprendido entre 1995 y 2018. La distribución geográfica de los países, con sus respectivos nombres, se presenta en la Figura 1.



Como se ha señalado con anterioridad, la variable dependiente es el porcentaje de participación del consumo de energía renovable en el consumo total de energía (REC%), y las variables explicativas son el producto interno bruto per cápita (PIBpc); la inversión extranjera directa (IED) neta; la apertura comercial (AC), un índice de educación (IE); un índice de esperanza de vida (IEV) y un índice de gobernanza (IG). Los datos se obtuvieron de Agencia Internacional de Energía y del Banco Mundial.

La variable dependiente del estudio, REC%, que se define como el porcentaje de participación del consumo de energía renovable en el consumo total de energía, se obtuvo de la base de datos de la Agencia Internacional de la energía (IEA, 2020).

Desde una perspectiva económica se emplearon tres variables: PIB per cápita, IED y AC. En primer lugar, el PIB per cápita a precios constantes de 2010 (World Bank, 2019a) recoge el crecimiento económico y su distribución en un determinado territorio. La segunda variable económica es la IED, también publicada por el Banco Mundial, y definida como los insumos de inversión netas para adquirir una participación en la gestión duradera (10 por cien o más del capital con derecho a voto) en una empresa que opera en una economía diferente a la del inversionista. Es la suma del capital, la reinversión de beneficios, otro capital a largo plazo y

el capital a corto plazo, como se muestra en la balanza de pagos (World Bank, 2019a). La IED es una variable ampliamente utilizada en estudios de impacto sobre el medio ambiente, aunque con resultados diferentes. Los trabajos de Jensen (1996) y Xing & Kolstad (1996) encuentran efectos negativos, pero los de Birdsall & Wheeler (1993); Zarsky (1999); Eskeland & Harrison (2003), obtienen efectos positivos. La tercera variable económica es la apertura comercial (AC). Hay diferentes formas de medir la AC (Yanikkaya, 2003), pero la considerada en este trabajo es la que publica el Banco Mundial, que la define como el porcentaje del comercio (suma de importaciones y exportaciones de bienes y servicios) en el PIB (World Bank, 2019a).

Además de las variables económicas, en este trabajo se incorporan tres variables político-sociales: el índice de educación (IE) y el índice de esperanza de vida (IEV), que son dos dimensiones utilizadas para la construcción del índice de desarrollo humano (IDH) propuesto por la ONU. La tercera variable es el índice de gobernanza (IG), un índice multidimensional obtenido a partir de seis indicadores de gobernanza.

El IDH, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), está compuesto por tres dimensiones, acceso al conocimiento; una vida larga y saludable y un nivel de vida digno. Esta última dimensión se mide a través del ingreso nacional bruto per cápita. Teniendo en cuenta que para el presente estudio se utiliza como variable independiente el PIB per cápita, con objeto de evitar problemas econométricos, se optó por utilizar solamente aquellas dimensiones referidas al acceso al conocimiento y a una vida larga y saludable del IDH. Así, se utilizan el IE y el IEV como variables independientes.

Estas dos dimensiones del IDH han sido empleadas en trabajos previos aunque de otra temática, como el estudio de Costantini & Monni (2008), que analiza la relación entre medio ambiente, desarrollo humano y crecimiento económico, el de Gürlük (2009), que trata de explicar las diferencias en la degradación ambiental, o los de Dhahri & Omri (2018) y Delahoz-Rosales *et al.* (2019) que examina la relación con el emprendimiento.

El IG propuesto en este trabajo se construye a partir de los seis indicadores de gobernanza propuestos por Kaufmann *et al.* (2010) y publicado por el Banco Mundial (World Bank, 2019b):

- Voz y responsabilidad: grado en que los ciudadanos de un país pueden participar en la elección de su gobierno, así como la libertad de expresión, la libertad de asociación, y un medio libre.
- Estabilidad Política: probabilidad de que el gobierno sea desestabilizado por medios inconstitucionales o violentos, incluido el terrorismo.
- Efectividad del Gobierno: calidad de los servicios públicos, la capacidad de la administración pública y su independencia de las presiones políticas; y la calidad de la formulación de políticas.
- Calidad Regulatoria: capacidad del gobierno para proporcionar políticas y regulaciones sólidas que permitan y promuevan el desarrollo del sector privado.
- Estado de Derecho: medida en que los agentes confían y respetan las normas de la sociedad, incluida la calidad del cumplimiento de los contratos y los derechos de propiedad, la policía y los tribunales, así como la probabilidad de delincuencia y violencia.
- Control de la Corrupción: medida en que se ejerce el poder público para obtener ganancias privadas, incluidas las formas de corrupción, tanto pequeñas como grandes, así como la "captura" del estado por parte de las élites y los intereses privados.

Para el cálculo del índice se utilizó el análisis de componentes principales (ACP). El índice de gobernanza ya ha sido utilizado en estudios previos, aunque con nomenclaturas distintas, pero con la misma metodología de construcción. Como ejemplos cabe citar los estudios de Ariu *et al.* (2016), que evalúa la relación entre la calidad de la gobernanza y los flujos migratorios,

el estudio de Emara & Chiu (2016), que evalúa el impacto de la gobernanza en el crecimiento económico, el estudio de Asongu & Nwachukwu (2017), que trata de analizar el impacto del terrorismo sobre la gobernanza o el estudio de Asongu *et al.* (2018), que presenta evidencias empíricas sobre el papel de la telefonía móvil en la promoción de la buena gobernanza.

### 3.2 Metodología

En este estudio se emplearon dos métodos estadísticos. El primero de ellos fue un análisis de componente principales (ACP) para obtención del índice de gobernanza (IG). El segundo es un modelo econométrico de datos de panel que se estima a través de mínimos cuadrados ordinarios (OLS), mínimos cuadros generalizados factibles (FGLS) y con errores estándar corregidos (PCSE).

Se optó por utilizar el ACP para la construcción de un IG por entender que las seis dimensiones que lo integran están estrechamente relacionadas (Ariu *et al.*, 2016; Emara & Chiu, 2016), y que su efecto se captaría de forma más precisa al considerar los seis aspectos de forma conjunta. El ACP permite reducir un conjunto de variables correlacionadas en un grupo más pequeño de variables no correlacionadas, que son denominadas componentes (Hair *et al.*, 1999). Los componentes, son independientes entre sí y son una combinación lineal de las variables originales. A través del ACP se resuelve también el problema de ponderación implícita de otras técnicas que atribuyen el mismo peso para los indicadores.

Partiendo de las variables dependientes e independientes descritas, el modelo propuesto para examinar los factores determinantes del consumo de energía renovable es el siguiente:

$$REC\% = \beta_0 + \beta_1 PIBpc + \beta_2 IED + \beta_3 AC + \beta_4 IE + \beta_5 IEV + \beta_6 IG + e, \quad (1)$$

donde,  $i$  significa la  $i$ -ésima unidad transversal (país);  $t$  el tiempo (año);  $\beta_0$  es el valor constante,  $\beta_1$  a  $\beta_6$  son las elasticidades a largo plazo de la variable dependiente;  $e$  denota los términos de error;  $REC\%$  mide la variable relacionada con el consumo de energía renovable;  $PIBpc$  mide el producto interior bruto per cápita;  $IED$  mide la inversión extranjera directa;  $AC$  mide la apertura comercial;  $IE$  mide el nivel de educación;  $IEV$  mide el nivel de esperanza de vida y;  $IG$  mide el nivel de gobernanza de los diferentes países en estudio.

Según Gujarati & Porter (2010), cuando existe información de las mismas unidades de corte transversal en el tiempo es posible diseñar modelos donde se utilice la combinación de ambos tipos de datos que se pueden estimar a través de técnicas de datos de panel. Wooldridge (2010) sostiene que una de las principales ventajas de utilizar datos de panel es que permite clasificar los factores no observables que influyen en la variable dependiente en dos tipos: aquellos que son constantes y aquellos que varían con el tiempo. Este mismo argumento ha sido planteado por Plümper *et al.* (2005) y Arellano & Bover (1990).

Las estimaciones con panel de datos se pueden realizar principalmente a través de dos vías: modelando efectos fijos, que considera que las diferencias entre las unidades pueden captarse mediante diferencias en el término constante, o usando el modelo de efectos aleatorios, que supone que cada unidad transversal tiene una constante diferente (Wooldridge, 2002). Al estimar las correspondientes regresiones en Stata 15, con los métodos de efectos fijos y efectos aleatorios y aplicar las pruebas F y Breusch-Pagan, se confirmó que para las muestras seleccionadas la técnica de datos de panel era adecuada. La prueba de Hausman (1978) concluyó que se debían estimar efectos fijos. Una vez seleccionado el modelo de efectos fijos, se realizaron las pruebas para validar los supuestos de Gauss – Markov, relacionados con la independencia entre los errores y una distribución con varianza constante. Para ello se realizaron la prueba de Wooldridge (2002) y la prueba modificada de Wald (Greene, 2012).

Las estimaciones a través de datos de panel frecuentemente presentan problemas de autocorrelación serial, heterocedasticidad e, incluso, correlación contemporánea (Canarella & Gasparyan, 2008). De acuerdo con Jonsson (2005), estos problemas surgen cuando las perturbaciones son dependientes de la sección transversal en el modelo de panel de datos, lo que podría solucionarse con la aplicación del modelo de mínimos cuadrados generalizados factibles (FGLS). Sin embargo, Beck & Katz (1995) demostraron que los FGLS generan coeficientes de errores estándar que se subestiman gravemente. Por otra parte, los experimentos de Monte Carlo avalan que el modelo de PCSE permite corregir la presencia de autocorrelación serial, heterocedasticidad e incluso correlación contemporánea, con estimaciones de error estándar precisas y con poca o ninguna pérdida de eficiencia en comparación con el modelo de FGLS. De igual forma, sugieren que el estimador PCSE tiene la ventaja de poderse usar cuando  $T < N$ , como es el caso de las muestras seleccionadas en este estudio. Partiendo de la ecuación (1), los modelos FGLS y PCSE se pueden presentar como sigue:

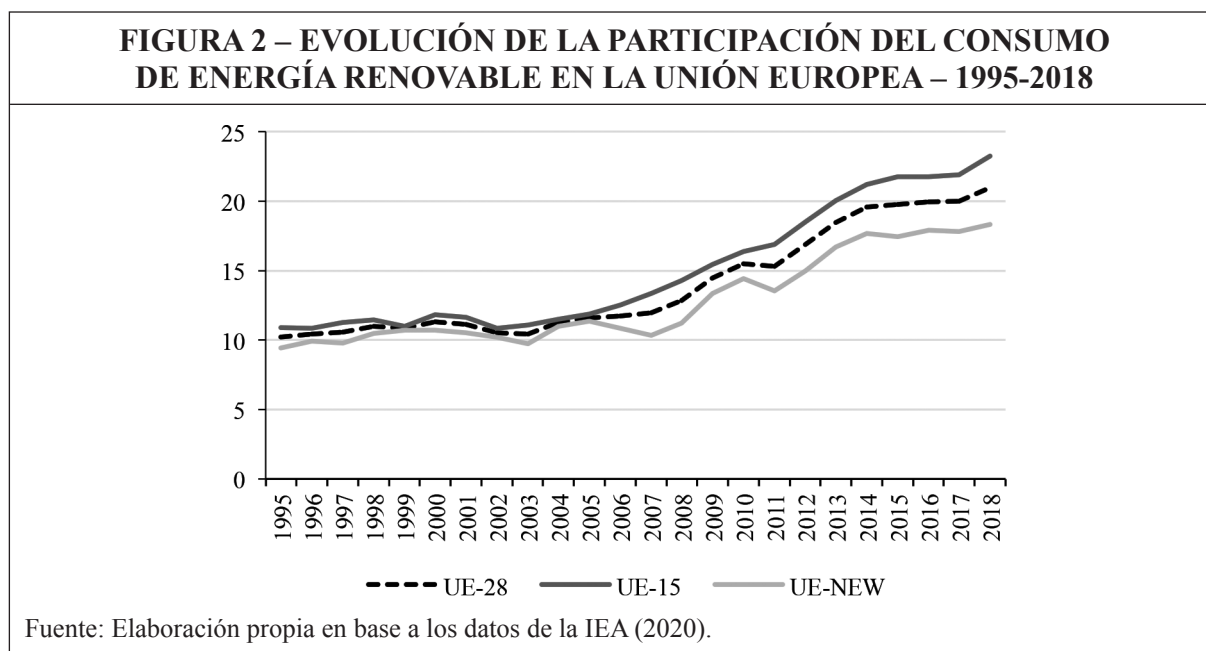
$$REC\% = V_i + \beta_1 PIBpc + \beta_2 IED + \beta_3 AC + \beta_4 IE + \beta_5 IEV + \beta_6 IG + e \quad (2)$$

donde,  $v_i$  es un vector de variables dicotómicas para cada país.

#### 4. RESULTADOS

En esta sección se presentan los principales resultados obtenidos. La UE, a pesar de no estar entre las tres regiones con mayor porcentaje de consumo de energía renovable del mundo, tiene alto nivel en tecnologías avanzadas para la producción de energía renovable y realiza grandes inversiones en el sector (Lilliestam *et al.*, 2019; Nicolini & Tavoni, 2017). El modelo presentado se estimó para tres grupos distintos, la UE-28, la UE-15 y el grupo UE-NEW incorporados al bloque económico hasta el año de 2018, el último año estudiado.

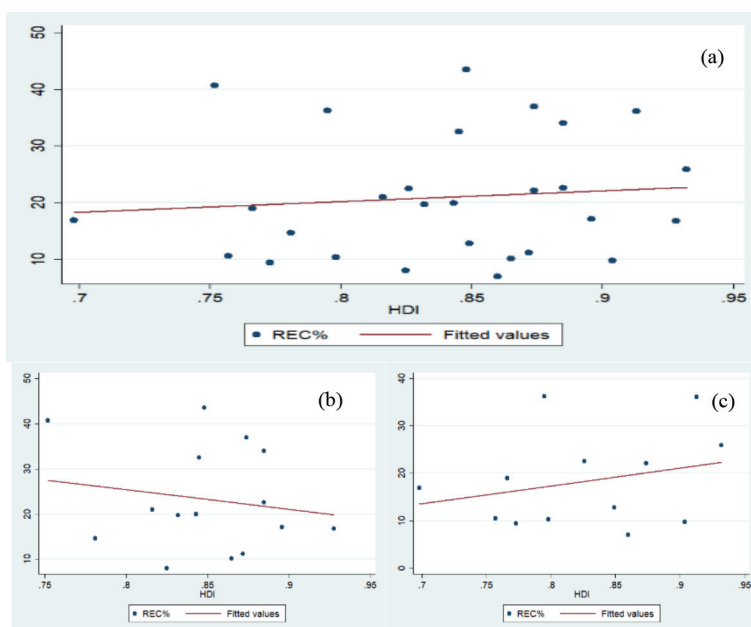
Aunque en términos de política energética en muchas ocasiones la UE se trata como bloque único, lo cierto es que existen diferencias sustanciales entre sus miembros. La Figura 2 muestra el consumo de energía renovable en el bloque de la UE-28, la UE-15 y los UE-NEW.



Como se puede observar, hay una clara diferencia entre la participación del consumo de energía renovable de los países de la UE-15 y la del grupo de UE-NEW, que se incorporaron más tarde. El REC% en los países de la UE-15 se sitúa siempre por encima de la media de la UE-28 durante los años estudiados, mientras que los países UE-NEW se mantienen siempre por debajo. Aunque en los dos grupos el REC% ha crecido, el grupo de UE-15 ha sido el principal impulsor de ese crecimiento.

Siguiendo el comparativo entre los dos grupos de estudio considerados en la UE, al considerar la relación que hay entre la participación del consumo de energía renovable y el IDH (Figura 3), se observan comportamientos distintos entre los grupos. Así, aunque en la UE-28 la relación entre el IDH y el REC% es levemente positiva, en el grupo UE-15 la relación es negativa y en el grupo UE-NEW la relación es positiva.

**FIGURA 3 – RELACIÓN ENTRE LA PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA RENOVABLE Y EL ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO EN LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA – 2018**



Notas: Grupo UE-28 (a); grupo UE-15; grupo UE-NEW.  
 Fuente: IEA (2020) y UNDP (2020).

El análisis descriptivo de las variables utilizadas en los modelos puede ayudar a comprender mejor tanto las variables como su comportamiento. La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos para los tres grupos considerados. El período temporal es 1995-2018, salvo para la variable IG, donde existe información disponible a partir de 1996.

Como era de esperar, el grupo UE-15 supera al grupo UE-NEW en la mayor parte de los factores estudiados. Dentro de los factores económicos hay que destacar la diferencia en PIB per cápita entre los países de la UE-15 y los de la UE-NEW, presentando dichos grupos una renta media de US\$ 44.287,20 y US\$ 14.517,11, respectivamente. Entre las variables económicas el valor es superior en el grupo de UE-NEW en la apertura comercial. De igual forma, al considerar los factores sociales, el grupo UE-15 supera al grupo UE-NEW, estando por encima en nivel de educación, esperanza de vida y nivel de gobernanza.

**TABLA 2 – ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS**

	Variable	Obs.	Mean	Des. Est..	Min	Max
UE-28	<i>REC%</i>	672	14,02849	11,32796	0	47,46367
	<i>PIBpc</i>	672	30.465,37	20.440,96	3.784,078	111.968,3
	<i>IED</i>	665	2,25e+10	5,68e+10	-3,45e+11	7,34e+11
	<i>AC</i>	672	110,8503	62,32782	37,10788	408,362
	<i>IE</i>	672	79,4378	7,833873	55,8	94,3
	<i>IEV</i>	672	77,48046	3,477087	66,39122	83,43171
	<i>IG</i>	560	67,09823	21,79568	5,20e-06	100
UE-15	<i>REC%</i>	360	15,05479	12,23425	0,8153072	47,46367
	<i>PIBpc</i>	360	44.287,2	18.141,9	18.059,22	111.968,3
	<i>IED</i>	353	3,80e+10	7,38e+10	-3.45e+11	7,34e+11
	<i>AC</i>	360	100,1805	68,20044	37,10788	408,362
	<i>IE</i>	360	81,13417	7,722537	62,7	94,3
	<i>IEV</i>	360	79,63821	1,884351	75,21268	83,43171
	<i>IG</i>	300	80,06554	16,53332	26,28222	100
UE-NEW	<i>REC%</i>	312	12,8443	10,0727	0	42,61968
	<i>PIBpc</i>	312	14.517,11	6.727,795	3.784,078	32.725,63
	<i>IED</i>	312	4,86e+09	1,15e+10	-6,47e+10	7,51e+10
	<i>AC</i>	312	123,1617	52,23558	43,72196	322,6765
	<i>IE</i>	312	77,48045	7,509435	55,8	89,9
	<i>IEV</i>	312	74,99074	3,221532	66,39122	82,45366
	<i>IG</i>	260	52,13594	17,03623	5,20e-06	79,52482

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 3 presenta la matriz de correlaciones entre las variables examinadas, considerando los grupos estudiados. La mayoría de las correlaciones son estadísticamente significativas, con niveles de confianza superiores al 99 por cien. Centrándonos en la variable dependiente de los modelos, el porcentaje de consumo de energía renovable, en el grupo UE-28 las correlaciones de PIBpc e IG no son significativas, mientras que las variables económicas IED y AC muestran correlaciones negativas, y las sociales IE e IEV correlaciones positivas. En el grupo de UE-15, el comportamiento es bastante parecido, la correlación del PIBpc tampoco es significativa, el resto de las variables económicas muestran correlación negativa y todas las sociales presentan correlación positiva. Finalmente, en el grupo UE-NEW todas las variables son significativas, aunque tan sólo el nivel de educación muestra una correlación positiva con el REC%.

Estas correlaciones nos proporcionan una visión inicial del comportamiento de las variables, pero no suficiente para obtener conclusiones. Como se indicó en el apartado anterior, para evaluar el efecto de los factores económicos y sociales se estima un modelo de datos de panel empleando OLS, FGLS y PCSE. Este último modelo corrige la heterocedasticidad, la correlación contemporánea, la autocorrelación, que proporciona estimaciones de error estándar precisas con poca o ninguna pérdida de eficiencia en comparación con el modelo FGLS (Beck & Katz, 1995). Los resultados se recogen en la Tabla 4.

Centrándonos en los resultados obtenidos en el modelo PCSE, para el grupo UE-28 encontramos que el PIB per cápita no presenta relación con el consumo de energía renovable, mientras que las otras dos variables económicas presentan un efecto negativo, es decir, a medida que aumenta la inversión extranjera directa y la apertura comercial, el REC% de UE-28 disminuye. Con respecto a las variables sociales, el nivel de educación y la esperanza de vida estimulan el REC%, mientras que el nivel de gobernanza tiene un efecto negativo.

**TABLA 3 – MATRIZ DE CORRELACIÓN**

	Variable	REC%	lnPIBpc	lnIED	AC	IE	IEV	IG
UE-28	REC%	1						
	PIBpc	0.0253	1					
	IED	-0.1835***	0.5726***	1				
	AC	-0.2896***	0.2178***	-0.0315	1			
	IE	0.1823***	0.4433***	0.4291***	0.0945**	1		
	IEV	0.1074***	0.8105***	0.5335***	0.1196***	0.4334***	1	
	IG	-0.0064	0.837***	0.4496***	0.2256***	0.4541***	0.5523***	1
UE-15	REC%	1						
	PIBpc	-0.0642	1					
	IED	-0.2876***	0.2997***	1				
	AC	-0.2483***	0.7466***	0.1563***	1			
	IE	0.1609***	0.4252***	0.4577***	0.1066**	1		
	IEV	0.3203***	0.1859***	0.2692***	0.1029*	0.4359***	1	
	IG	0.117**	0.6633***	0.223***	0.3825***	0.4122***	-0.2859***	1
UE-NEW	REC%	1						
	PIBpc	-0.1214**	1					
	IED	-0.2812***	0.2293***	1				
	AC	-0.332***	0.5441***	0.0659	1			
	IE	0.1721***	0.4697***	0.256***	0.2037***	1		
	IEV	-0.1515***	0.8404***	0.2837***	0.5826***	0.373***	1	
	IG	-0.3955***	0.7513***	0.0745	0.5849***	0.4207***	0.5258***	1

Notas: \*\*\*P<0,01, \*\*P<0,05, \*P<0,1. Fuente: Elaboración propia.

El estudio de Ergun *et al.* (2019) para países de África obtiene el mismo efecto negativo de la apertura comercial sobre el consumo de energía renovable. En general, los estudios como los de Apergis & Payne (2010b) para 20 países de la OECD, Lin & Moubarak (2014) para China, Ben Jebli (2016) para Túnez, Saidi & Ben Mbarek (2016) para 9 países desarrollados y Rasoulnezhad & Saboori (2018) para países de la región CIS obtienen efectos heterogéneos. Este hecho evidencia que las variables presentan comportamientos distintos por región y que para establecer determinantes sobre el consumo de energía renovable es preciso tener en cuenta la especificidad de cada lugar.

Entrando en los resultados para los grupos de UE-15 y de UE-NEW, debemos tener en cuenta que éstos últimos países han estado alineados durante muchos años con el modelo político económico soviético, modelo que ha tenido una fuerte influencia en la configuración de sus sistemas energéticos (Bouzarovski, 2009; Bouzarovski & Tirado Herrero, 2017; Camacho *et al.*, 2021; Frolova *et al.*, 2015, 2019). Partiendo de esta reflexión, observamos que en el grupo UE-15 las variables económicas (nivel de renta, inversión extranjera directa y apertura comercial) presentan un efecto negativo y estadísticamente significativo sobre el consumo de energía renovable. Por otro lado, las variables sociales, con excepción del nivel de educación, presentan un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre el consumo de energía renovable. Por el contrario, para el grupo de los países UE-NEW el nivel de PIB per cápita

**TABLA 4 – ANÁLISIS DE REGRESIÓN PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE REC%**

Variable	UE-28			UE-15			UE-NEW		
	OLS	FGLS	PCSE	OLS	FGLS	PCSE	OLS	FGLS	PCSE
<i>lnPIBpc</i>	2,043 (1,753)	-2,442** (1,065)	0,997 (1,660)	-13,288*** (2,914)	-4,862* (2,680)	-9,827*** (3,332)	12,877*** (2,350)	-1,243 (1,923)	8,361*** (2,587)
<i>lnIED</i>	-2,847*** (0,283)	-0,063 (0,094)	-0,487** (0,198)	-3,946*** (0,332)	-0,860*** (0,211)	-1,827*** (0,313)	-2,758*** (0,323)	-0,294* (0,152)	-0,596** (0,235)
<i>AC</i>	-0,066*** (0,007)	-0,015*** (0,005)	-0,053*** (0,006)	-0,050*** (0,012)	-0,051*** (0,010)	-0,061*** (0,012)	-0,019 (0,012)	-0,019** (0,008)	-0,029*** (0,011)
<i>IE</i>	0,376*** (0,067)	0,309*** (0,050)	0,329*** (0,077)	-0,161* (0,092)	-0,019 (0,081)	-0,275*** (0,104)	0,608*** (0,074)	0,473*** (0,065)	0,406*** (0,089)
<i>IEV</i>	0,625*** (0,236)	0,841*** (0,155)	0,577*** (0,248)	5,340*** (0,386)	3,536*** (0,347)	4,912*** (0,438)	-0,691** (0,293)	0,331 (0,215)	-0,528 (0,342)
<i>IG</i>	-0,033 (0,039)	-0,080*** (0,026)	-0,097** (0,041)	0,617*** (0,051)	0,288*** (0,048)	0,573*** (0,062)	-0,489*** (0,047)	-0,157*** (0,033)	-0,330*** (0,046)
<i>CONS</i>	-10,988 (11,409)	-45,850*** (7,969)	-43,159*** (11,804)	-208,11*** (31,695)	-213,49*** (29,694)	-246,22*** (35,960)	-17,718 (14,099)	-22,434* (11,774)	-24,946 (17,044)
Nº obs.	518	518	518	271	271	271	247	247	247
Grupos		28	28		15	15		13	13
Wald Chi2		2,129.53	2,780.66		142.86	239.14		142.86	61,50
Prob. Chi2		0	0		0	0		0	0
R2	0.574		0.677	0.304		0.3570	0.304		0.2222

Notas: \*\*\*P<0,01, \*\*P<0,05, \*P<0,1; Errores Estándar ( ). Fuente: Elaboración propia.



muestra una relación positiva y bastante significativa, estimándose que para un incremento de un 1 por cien en el PIBpc, el REC% crece más de un 8 por cien.

Como señala el estudio de Marra & Colantonio (2021), los autores que utilizan la renta, en la mayoría utilizando como proxy el PIBpc, igual que nuestro estudio, como influyente sobre el consumo de energía e incluso de REC, esperan que el aumento de la renta puede llevar al aumento de dicho consumo (Omri & Nguyen, 2014; Salim & Rafiq, 2012). Sin embargo, la influencia negativa es encontrada en muchos casos, como observamos para el grupo UE-15. Por ello, Cadoret & Padovano (2016) apuntan que una posible explicación es que una elevada actividad económica genera elevación de la demanda de energía y las fuentes de EERR pueden no ser capaces de atenderla de inmediato, luego su peso relativo disminuye.

Con respecto al impacto de los factores sociales en el grupo UE-NEW, el nivel de educación afecta positivamente al REC%, mientras que la gobernanza tiene un impacto negativo. La esperanza de vida no es significativa. Estos resultados implican que para que la Unión Europea logre mejor participación de las energías renovables en el consumo de energía considerando que las variables sociales difieren su comportamiento entre los grupos, es necesario implementar la mejora de aspectos como la educación medioambiental en aquellos países en una fase más atrasada en el proceso de transición energética.

## 5 CONCLUSIONES

Este trabajo examina el impacto de factores económicos y sociales sobre la participación del consumo de energía renovable en los 28 países de la Unión Europea, diferenciando entre el grupo de la UE-15 y los denominados como nuevos países miembros.

Considerando las variables económicas, especialmente el PIB per cápita, quedó claro que éste juega un papel fundamental en la participación del consumo de energía renovable, en particular en aquellos países con un menor nivel de desarrollo económico. Así, aunque en el modelo estimado para el conjunto de países de la UE-28 el PIB per cápita no es significativo, al considerar los subgrupos se observa un impacto significativo, aunque con efectos contrarios. Así, en el grupo UE-15 el PIB per cápita afecta negativamente al consumo de energía renovable mientras que en el grupo UE-NEW la renta afecta positivamente.

Teniendo en cuenta nuestros hallazgos empíricos y los resultados del comportamiento de la renta y el conjunto de las otras variables económicas, se recomienda que los formuladores de políticas mejoren sus esfuerzos para la adaptación de políticas de apertura comercial que incentiven la adopción de infraestructura para la generación de fuentes de energías renovables. Establecer programas de exenciones arancelarias que promuevan la inversión extranjera directa en tecnologías para la producción de energías renovables, una vez que tanto la apertura comercial, cuanto la inversión extranjera directa son factores que afectaron negativamente el consumo de energía renovable en todos los grupos.

En el ámbito de los factores sociales, cabe señalar que hay que seguir educando a su población en el uso de energía limpia y renovable y promover la eficiencia energética, habiendo constatado que para la Unión Europea el nivel de educación de la población es un factor que afecta positivamente sobre el consumo de energía renovable, sobre todo en el grupo UE-NEW, que encuentra mayor dificultad para la transición energética. En esta línea, los gobiernos nacionales son llamados a estimular el nivel de educación trabajando en escuelas, instituciones de entrenamiento y universidades de modo que se combine la educación y concienciación pública sobre cuestiones ambientales, esto podría fortalecer una respuesta rápida y efectiva a la implantación de energía renovable.

Esas constataciones permiten concluir que la Unión Europea necesita construir un marco regulatorio e institucional de mayor estímulo hacia las energías renovables, que promueva el desarrollo humano sostenible y una mejoría de la gobernanza.

## REFERENCIAS

- Akizu-Gardoki, O., Bueno, G., Wiedmann, T., Lopez-Guede, J. M., Arto, I., Hernandez, P., & Moran, D. (2018). Decoupling between human development and energy consumption within footprint accounts. *Journal of Cleaner Production*, 202, 1145–1157. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.235>
- Al-Mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y., & Sab, C. N. B. C. (2013). Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.005>
- Amri, F. (2017). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 527–534. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.11.230>
- Amri, F. (2019). Renewable and non-renewable categories of energy consumption and trade: Do the development degree and the industrialization degree matter? *Energy*, 173, 374–383. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.02.114>
- Amuakwa-Mensah, F., & Näsström, E. (2022). Role of banking sector performance in renewable energy consumption. *Applied Energy*, 306(118023), 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.118023>
- Anton, S. G., & Afloarei Nucu, A. E. (2020). The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach. *Renewable Energy*, 147, 330–338. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.005>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010a). Renewable energy consumption and growth in Eurasia. *Energy Economics*, 32(6), 1392–1397. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.06.001>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2010b). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries. *Energy Policy*, 38(1), 656–660. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.002>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). On the causal dynamics between renewable and non-renewable energy consumption and economic growth in developed and developing countries. *Energy Systems*, 2(3–4), 299–312. <https://doi.org/10.1007/s12667-011-0037-6>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2012). Renewable and non-renewable energy consumption-growth nexus: Evidence from a panel error correction model. *Energy Economics*, 34(3), 733–738. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.04.007>
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2014). Renewable energy, output, CO2 emissions, and fossil fuel prices in Central America: Evidence from a nonlinear panel smooth transition vector error correction model. *Energy Economics*, 42, 226–232. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.01.003>
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255–2260. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.014>
- Arellano, M., & Bover, O. (1990). La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas (Segunda Época)*, XIV(1), 3–45. <https://www.cemfi.es/~arellano/arellano-bover-inv-econ-1990.pdf>

- Ariu, A., Docquier, F., & Squicciarini, M. P. (2016). Governance quality and net migration flows. *Regional Science and Urban Economics*, 60, 238–248. <https://doi.org/10.1016/J.REGSCIURBECO.2016.07.006>
- Asongu, S. A., & Nwachukwu, J. C. (2017). The Impact of Terrorism on Governance in African Countries. *World Development*, 99, 253–270. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2017.05.023>
- Asongu, S., Le Roux, S., Nwachukwu, J. C., & Pyke, C. (2018). The mobile phone as an argument for good governance in sub-Saharan Africa. *Information Technology & People*, 32, 364–386. <https://doi.org/10.1108/ITP-01-2018-0011>
- Attiaoui, I., Toumi, H., Ammouri, B., & Gargouri, I. (2017). Causality links among renewable energy consumption, CO 2 emissions, and economic growth in Africa: evidence from a panel ARDL-PMG approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(14), 13036–13048. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8850-7>
- Beck, N., & Katz, J. N. (1995). What To Do (and Not to Do) with Time-Series Cross-Section Data. *American Political Science Review*, 89(3), 634–647. <https://doi.org/10.2307/2082979>
- Ben Aïssa, M. S., Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2014). Output, renewable energy consumption and trade in Africa. *Energy Policy*, 66, 11–18. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2013.11.023>
- Ben Jebli, M. (2016). On the causal links between health indicator, output, combustible renewables and waste consumption, rail transport, and CO2 emissions: the case of Tunisia. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(16), 16699–16715. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6850-7>
- Ben Jebli, M., & Ben Youssef, S. (2017). Renewable energy consumption and agriculture: evidence for cointegration and Granger causality for Tunisian economy. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 24(2), 149–158. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1196467>
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S., & Ozturk, I. (2015). The Role of Renewable Energy Consumption and Trade: Environmental Kuznets Curve Analysis for Sub-Saharan Africa Countries. *African Development Review*, 27(3), 288–300. <https://doi.org/10.1111/1467-8268.12147>
- Birdsall, N., & Wheeler, D. (1993). Trade Policy and Industrial Pollution in Latin America: Where Are the Pollution Havens? *The Journal of Environment & Development*, 2(1), 137–149. <https://doi.org/10.1177/107049659300200107>
- Bouzarovski, S. (2009). East-Central Europe’s changing energy landscapes: a place for geography. *Area*, 41(4), 452–463. <https://doi.org/10.1111/j.1475-4762.2009.00885.x>
- Bouzarovski, S., & Tirado Herrero, S. (2017). The energy divide: Integrating energy transitions, regional inequalities and poverty trends in the European Union. *European Urban and Regional Studies*, 24(1), 69–86. <https://doi.org/10.1177/0969776415596449>
- Cadoret, I., & Padovano, F. (2016). The political drivers of renewable energies policies. *Energy Economics*, 56, 261–269. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.03.003>
- Camacho, J. A., da Silva Almeida, L., Rodríguez, M., & Molina, J. (2021). Domestic versus foreign energy use: an analysis for four European countries. *Environment, Development and Sustainability*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01622-7>
- Canarella, G., & Gasparyan, A. (2008). New insights into executive compensation and firm performance: Evidence from a panel of “new economy” firms, 1996–2002. *Managerial Finance*, 34(8), 537–554. <https://doi.org/10.1108/03074350810874064>
- Chen, Y. (2018). Factors influencing renewable energy consumption in China: An empirical analysis based on provincial panel data. *Journal of Cleaner Production*, 174, 605–615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.011>

- Cherni, A., & Jouini, S. E. (2017). An ARDL approach to the CO2 emissions, renewable energy and economic growth nexus: Tunisian evidence. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(48), 29056–29066. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.08.072>
- Costantini, V., & Monni, S. (2008). Environment, human development and economic growth. *Ecological Economics*, 64(4), 867–880. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2007.05.011>
- Delahoz-Rosales, B., Camacho-Ballesta, J. A., & Tamayo-Torres, I. (2019). EFECTOS DEL DESARROLLO HUMANO EN EL EMPRENDIMIENTO: UN ANÁLISIS INTERNACIONAL. *DYNA Management*, 7(1), 1–14. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.6036/MN9319>
- Dhahri, S., & Omri, A. (2018). Entrepreneurship contribution to the three pillars of sustainable development: What does the evidence really say? *World Development*, 106, 64–77. <https://doi.org/10.1016/J.WORLDDEV.2018.01.008>
- Doytch, N., & Narayan, S. (2016). Does FDI influence renewable energy consumption? An analysis of sectoral FDI impact on renewable and non-renewable industrial energy consumption. *Energy Economics*, 54, 291–301. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.12.010>
- Emara, N., & Chiu, I.-M. (2016). The Impact of Governance on Economic Growth: The Case of Middle Eastern and North African Countries. *Topics in Middle Eastern and African Economies*, 18(1), 126–144. <http://www.luc.edu/orgs/meea/>
- Eren, B. M., Taspinar, N., & Gokmenoglu, K. K. (2019). The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption: Empirical analysis of India. *Science of The Total Environment*, 663, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.323>
- Ergun, S. J., Owusu, P. A., & Rivas, M. F. (2019). Determinants of renewable energy consumption in Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15390–15405. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04567-7>
- Eskeland, G. S., & Harrison, A. E. (2003). Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis. *Journal of Development Economics*, 70(1), 1–23. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(02\)00084-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(02)00084-6)
- European Parliament. (2019). *La energía renovable | Fichas temáticas sobre la Unión Europea | Parlamento Europeo*. <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/70/la-energia-renovable>
- European Union. (2018). *DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL - of 11 December 2018 - on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
- Eurostat. (2021, February 15). *Renewable energy statistics - Statistics Explained*. European Commission. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable\\_energy\\_statistics#Share\\_of\\_renewable\\_energy\\_more\\_than\\_doubled\\_between\\_2004\\_and\\_2019](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics#Share_of_renewable_energy_more_than_doubled_between_2004_and_2019)
- Frolova, M., Frantál, B., Ferrario, V., Centeri, C., Herrero-Luque, D., Grónás, V., Martinát, S., Puttilli, M., Almeida, L., & D'Angelo, F. (2019). Diverse energy transition patterns in Central and Southern Europe: A comparative study of institutional landscapes in the Czech Republic, Hungary, Italy, and Spain. *Journal of Landscape Ecology*, 17(Especial Issue), 65–89. [http://tajokologiaiilapok.szie.hu/pdf/2019\\_SpecialIssue/SpecialIssue2019.pdf](http://tajokologiaiilapok.szie.hu/pdf/2019_SpecialIssue/SpecialIssue2019.pdf)
- Frolova, M., Prados, M. J., & Nadaï, A. (2015). Renewable energies and European landscapes: Lessons from southern European cases. In M. Frolova, M.-J. Prados, & A. Nadaï (Eds.),

- Renewable Energies and European Landscapes: Lessons from Southern European Cases*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9843-3>
- Greene, W. H. (2012). *Econometric analysis* (Donna Battista (ed.); 7th ed). Prentice Hall.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5ª). McGraw-Hill. [https://scalleruizunp.files.wordpress.com/2015/04/econometria\\_-\\_damodar\\_n-\\_gujarati.pdf](https://scalleruizunp.files.wordpress.com/2015/04/econometria_-_damodar_n-_gujarati.pdf)
- Gürlük, S. (2009). Economic growth, industrial pollution and human development in the Mediterranean Region. *Ecological Economics*, 68(8–9), 2327–2335. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2009.03.001>
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis Multivariante* (Vol. 491). Prentice Hall.
- Hashemizadeh, A., Bui, Q., & Kongbuamai, N. (2021). Unpacking the role of public debt in renewable energy consumption: New insights from the emerging countries. *Energy*, 224, 120187. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120187>
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251–1271. <https://doi.org/10.2307/1913827>
- IEA. (2020). *Data & Statistics - International Energy Agency*. <https://www.iea.org/data-and-statistics>
- Ito, K. (2017). CO2 emissions, renewable and non-renewable energy consumption, and economic growth: Evidence from panel data for developing countries. *International Economics*, 151, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001>
- Jensen, V. M. H. (1996). *Trade and the environment: The pollution haven hypothesis and the industrial flight hypothesis; Some perspectives on theory and empirics* (Working Paper 1996.5). University of Oslo, Centre for Development and the Environment.
- Jonsson, K. (2005). Cross-sectional Dependency and Size Distortion in a Small-sample Homogeneous Panel Data Unit Root Test. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(3), 369–392. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2005.00124.x>
- Kaufmann, D., Kraay, A., & Mastruzzi, M. (2010). *The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues* (No. 5430). [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1682130](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1682130)
- Khan, H., Khan, I., & Binh, T. T. (2020). The heterogeneity of renewable energy consumption, carbon emission and financial development in the globe: A panel quantile regression approach. *Energy Reports*, 6, 859–867. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.04.002>
- Kraft, J., & Kraft, A. (1978). On the Relationship Between Energy and GNP. *The Journal of Energy and Development*, 3(2), 401–403. <https://doi.org/10.2307/24806805>
- Lilliestam, J., Thonig, R., Späth, L., Caldés, N., Lechón, Y., Del Río, P., Kiefer, C., Escribano, G., & Lázaro Touza, L. (2019). *Policy pathways for the energy transition in Europe and selected European countries. Deliverable 7.2 (MUSTEC), Deliverable 1 (SCCER JA IDEA)*. [http://mustec.eu/sites/default/files/reports/Lilliestam\\_et\\_al\\_2019\\_Policy\\_pathways\\_for\\_the\\_energy\\_transition\\_in\\_Europe\\_and\\_selected\\_European\\_countries.pdf](http://mustec.eu/sites/default/files/reports/Lilliestam_et_al_2019_Policy_pathways_for_the_energy_transition_in_Europe_and_selected_European_countries.pdf)
- Lin, B., & Moubarak, M. (2014). Renewable energy consumption - Economic growth nexus for China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.128>
- Marinaş, M.-C., Dinu, M., Socol, A.-G., & Socol, C. (2018). Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. *PLOS ONE*, 13(10), 1–29. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202951>
- Marra, A., & Colantonio, E. (2021). The path to renewable energy consumption in the European Union through drivers and barriers: A panel vector autoregressive approach.

- Socio-Economic Planning Sciences*, 76(100958), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100958>
- Mele, M. (2019). Renewable Energy Consumption: The Effects on Economic Growth in Mexico. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(3), 269–273. <https://doi.org/10.32479/ijeep.7460>
- Nguyen, K. H., & Kakinaka, M. (2019). Renewable energy consumption, carbon emissions, and development stages: Some evidence from panel cointegration analysis. *Renewable Energy*, 132, 1049–1057. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.069>
- Nicolini, M., & Tavoni, M. (2017). Are renewable energy subsidies effective? Evidence from Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 412–423. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.032>
- Olanrewaju, B. T., Olubusoye, O. E., Adenikinju, A., & Akintande, O. J. (2019). A panel data analysis of renewable energy consumption in Africa. *Renewable Energy*, 140, 668–679. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.061>
- Omri, A., Daly, S., & Nguyen, D. K. (2015). A robust analysis of the relationship between renewable energy consumption and its main drivers. *Applied Economics*, 47(28), 2913–2923. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1011312>
- 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>
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990>
- Plümper, T., Troeger, V. E., & Manow, P. (2005). Panel data analysis in comparative politics: Linking method to theory. *European Journal of Political Research*, 44(2), 327–354. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6765.2005.00230.x>
- Rasoulnezhad, E., & Saboori, B. (2018). Panel estimation for renewable and non-renewable energy consumption, economic growth, CO2 emissions, the composite trade intensity, and financial openness of the commonwealth of independent states. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(18), 17354–17370. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1827-3>
- REN21. (2021). *Renewables 2021 Global Status Report*. [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf)
- Sadorsky, P. (2009a). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries. *Energy Economics*, 31(3), 456–462. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.12.010>
- Sadorsky, P. (2009b). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(10), 4021–4028. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003>
- Saidi, K., & Ben Mbarek, M. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 364–374. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2016.01.018>
- Salim, R. A., Hassan, K., & Shafiei, S. (2014). Renewable and non-renewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. *Energy Economics*, 44, 350–360. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.001>
- Salim, R. A., & Rafiq, S. (2012). Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy? *Energy Economics*, 34(4), 1051–1057. <https://doi.org/10.1016/J.ENERCO.2011.08.015>

- Salim, R. A., & Shafiei, S. (2014). Urbanization and renewable and non-renewable energy consumption in OECD countries: An empirical analysis. *Economic Modelling*, 38, 581–591. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.02.008>
- Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the causal dynamics between economic growth, renewable energy consumption, CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.033>
- Sohail, M. T., Xiuyuan, Y., Usman, A., Majeed, M. T., & Ullah, S. (2021). Renewable energy and non-renewable energy consumption: assessing the asymmetric role of monetary policy uncertainty in energy consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12867-0>
- Toumi, S., & Toumi, H. (2019). Asymmetric causality among renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth in KSA: evidence from a non-linear ARDL model. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(16), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04955-z>
- UNDP. (2020). *Human Development Reports - Human Development Index (HDI)*. United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/en/indicators/137506>
- Unión Europea. (1992). *Tratado de la Unión Europea (92/C 191/01)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:11992M/TXT&from=PT>
- Unión Europea. (2021). *Historia de la UE*. [https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/history-eu\\_es](https://european-union.europa.eu/principles-countries-history/history-eu_es)
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press. [https://jrvargas.files.wordpress.com/2011/01/wooldridge\\_j-\\_2002\\_econometric\\_analysis\\_of\\_cross\\_section\\_and\\_panel\\_data.pdf](https://jrvargas.files.wordpress.com/2011/01/wooldridge_j-_2002_econometric_analysis_of_cross_section_and_panel_data.pdf)
- Wooldridge, J. M. (2010). *Introducción a la econometría: Un enfoque moderno* (4a. edición). Cengage Learning. <http://latinoamerica.cengage.com>
- World Bank. (2019a). *World Development Indicators | DataBank*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- World Bank. (2019b). *Worldwide Governance Indicators | DataBank*. <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=worldwide-governance-indicators>
- Xing, Y., & Kolstad, C. (1996). *Environment and Trade: A Review of Theory and Issues* (No. 27694; p. 42). [https://mpa.ub.uni-muenchen.de/27694/1/MPRA\\_paper\\_27694.pdf](https://mpa.ub.uni-muenchen.de/27694/1/MPRA_paper_27694.pdf)
- Yanikkaya, H. (2003). Trade openness and economic growth: a cross-country empirical investigation. *Journal of Development Economics*, 72(1), 57–89. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00068-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00068-3)
- Zarsky, L. (1999). Havens, Halos and Spaghetti: Untangling the Evidence about Foreign Direct Investment and the Environment. In *Foreign Direct Investment and the Environment* (pp. 47–74). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266315-en>
- Zhao, P., Lu, Z., Fang, J., Paramati, S. R., & Jiang, K. (2020). Determinants of renewable and non-renewable energy demand in China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.05.002><sup>1</sup> International Energy Agency.