



Máster Universitario en Economía y Desarrollo
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO [2020-2021]

TÍTULO:

IMPULSORES E INHIBIDORES DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL ANDALUZ (2014-2018)

AUTOR:

D. Ismael Sánchez Cañavate

TUTORES ACADÉMICOS:

Dra. D^a Rocío Francisca Román Collado

Dr. D. José Manuel Cansino Muñoz-Repiso

RESUMEN:

La mejora de la eficiencia energética en el sector residencial es uno de los pilares clave de la Estrategia Energética de Andalucía 2020, el último plan del gobierno andaluz de política energética. El objetivo de esta investigación es analizar cuáles han sido los efectos determinantes que explican el cambio en el consumo de energía final en el sector residencial de Andalucía. El periodo analizado se extiende entre 2014-2018. El inicio de la serie coincide con la entrada en vigor la Estrategia Energética de Andalucía 2020. La elección del año final está justificada por ser el último año en el que se emitieron memorias e informes de seguimiento de la Estrategia y por la disponibilidad de los datos. Para cumplir con el objetivo de la investigación se desarrolla un análisis de

descomposición LMDI I en su variante multiplicativa. Este método permitirá conocer los factores impulsores e inhibidores del consumo de energía final y presenta la novedad de ser un análisis que analiza las variaciones por provincias y por fuentes energéticas. Los resultados reflejan que el efecto eficiencia de los hogares fue un inhibidor clave en el consumo de energía final, pero su impacto es compensado por la influencia del efecto renta como impulsor. Es recomendable que las futuras políticas energéticas contemplen la influencia del efecto renta y que sus acciones estén segmentadas por provincias, dadas las diferencias observadas. Además, es necesario seguir intensificando las medidas para lograr una mejor cultura energética entre la población.

PALABRAS CLAVE:

Análisis de descomposición LMDI I, consumo de energía, eficiencia energética, sector residencial, hogares.



Máster Universitario en Economía y Desarrollo
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

MASTER THESIS ACADEMIC COURSE [2020-2021]

TITLE:

**DRIVERS AND INHIBITORS IN THE ANDALUSIAN RESIDENTIAL
ENERGY CONSUMPTION SECTOR (2014-2018)**

AUTHOR:

D. Ismael Sánchez Cañavate

ACADEMICS SUPERVISORS:

Dra. D^a Rocío Francisca Román Collado

Dr. D. José Manuel Cansino Muñoz-Repiso

ABSTRACT:

Improving energy efficiency in the residential sector is one of the main goals of the Andalusian Energy Strategy 2020, that is the latest energy policy plan of the Andalusian government. The aim of this research is to analyze the effects that explain the final energy consumption changes in the residential sector of Andalusia. The period analyzed extends from 2014 to 2018. The beginning of the series coincides with the entry into force of the Andalusian Energy Strategy 2020. The final year is justified because it is the last the last year in which monitoring reports were issued and because of the availability of data. In order to achieve the goal of the research, the LMDI I decomposition analysis is developed in its multiplicative form. This method will allow to know the driver and inhibitor factors

of final energy consumption, and presents the novelty of analyzing energy consumption variations by provinces and by energy sources. The results show that households energy efficiency effect was a determinant inhibitor in final energy consumption. However, its impact is offset by the influence of the income effect as a driver. The future energy policies should take into account the influence of the income effect and also provide in their actions a deeper level of segmentation by provinces, due to the differences observed. Furthermore, it is necessary to continue intensifying measures to achieve a better sustainable saving culture among the population.

KEYWORDS:

LMDI I decomposition analysis, energy consumption, energy efficiency, residential sector, households.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	10
3. METODOLOGÍA	14
4. BASE DE DATOS	
4.1. Datos de carácter económico	16
4.2. Datos de carácter energético	17
4.3. Datos de elaboración propia y consideraciones	17
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1. Descomposición del consumo de energía residencial en Andalucía	19
5.2. Descomposición del consumo de energía residencial en las provincias andaluzas	21
5.2.1. Efecto eficiencia de los hogares	22
5.2.2. Efecto renta	24
5.2.3. Efecto tamaño del hogar	27
5.2.4. Efecto hogar	28
5.3. Consideraciones finales	31
6. CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA ECONÓMICA	33
7. REFERENCIAS	36
ANEXOS	45

IMPULSORES E INHIBIDORES DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL ANDALUZ (2014-2018)

1.- INTRODUCCIÓN

El 25 de septiembre de 2015, 193 países asumieron un compromiso internacional en términos de avance hacia sociedades con un crecimiento inclusivo, mayor cohesión, justicia social, en paz y con un horizonte medioambiental sostenible. Este compromiso se plasmó en un documento con 17 Objetivos y 169 Metas con rango de Resolución de la Asamblea General de las Naciones Unidas -ONU-. Entre los objetivos fijados, el Objetivo 7 consagró la garantía de acceso a una energía asequible, sostenible y moderna para todos. Además, dentro de este objetivo la siguiente meta específica: “de aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética” (ONU, 2015).

Esta meta se crea en un momento en el que el cambio climático se ha convertido en el desafío global más importante (Huo et al., 2021; Shi et al., 2019; J. Zhao & Liu, 2021), siendo el consumo de energía es una de las principales causas de la contaminación por sus elevados niveles de emisiones contaminantes a la atmósfera (Cardenete et al., 2012).

El sector residencial es el segundo sector que más energía final consume en la Unión Europea -UE- (26,7% del total). Para el caso de España y Andalucía, ocupa el tercer puesto (18,3% y 16,1%, respectivamente) por detrás de los sectores del transporte e industrial (Junta de Andalucía, 2021). Sin embargo, el estudio del sector residencial presenta un especial interés, por ser el que más ha aumentado el consumo de energía final en términos relativos en las últimas décadas.

Para comprender el importante impacto medioambiental del sector residencial, el Informe del Consejo Económico y Social (2016) señalaba que el sector de los hogares en España representaba en 2013 el 18% del total del consumo final de energía, siendo responsable del 6,6% del total de emisiones de GEI que corresponden a actividades de combustión.

Durante el periodo 2000-2013, el consumo de energía de los hogares españoles se convirtió en el componente más importante del consumo de energía total del país (Román-Collado & Colinet, 2018b). Según refleja el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2021), tomando como referencia el mismo año inicial (2000) y ampliando hasta el último año disponible (2018) se observa que, mientras que el sector de la industria redujo el consumo final de energía un 18,47% y el sector del transporte presentó un incremento de un 11,97%, el sector residencial es el que presenta el mayor incremento de todos los sectores, con un 23,30% más.

De la misma forma ocurre para el caso de Andalucía. Según los datos del sistema de explotación de la información Info-Energía, gestionado por la Agencia Andaluza de la Energía -AAE- (AAE), la comparativa entre el año 2005 (primer año disponible) y 2018 refleja que, mientras que sectores como la industria y el transporte reducen su consumo de energía final, en el sector residencial se produce un aumento de un 7,55%.

El estudio de la Comunidad Autónoma de Andalucía resulta de interés, ya que es la región de España que concentra a mayor porcentaje de población española (18%) y participa en un 14% en la emisión de GEI del país. Además, si bien en Andalucía hay un consumo de energía final por habitante inferior a la media española, motivado por un uso inferior de los sistemas de calefacción y refrigeración (Sendra et al., 2013); la intensidad energética sí es superior a dicha media (5,9% en Andalucía frente a un 5,1% en España), por una menor presencia de tecnología eficiente en los hogares (Sendra et al., 2013; Román-Collado & Colinet Carmona, 2021).

En relación con el consumo de energía final, el modelo de la Estrategia Energética de Andalucía 2020 permitía conciliar el crecimiento económico con el consumo energético (Junta de Andalucía, 2014). Estaba previsto para el año 2020 que el crecimiento económico de la región fuese cercano a un 15%, mientras que el consumo energético se mantendría en niveles similares a los de 2012.

Entre las previsiones para el horizonte 2020 que recogía el Informe de sostenibilidad ambiental de la Estrategia Energética de Andalucía 2014-2020 (2014), se

esperaba que los distintos sectores económicos experimentasen un mayor crecimiento del consumo de energía final en 2020. Sectores económicos como el industrial (30%), transporte (9,6%), primario (6%) y servicios (2,8%). En este caso, el sector residencial es el único en el que se reflejaban unos objetivos diferentes. Estaba previsto que el consumo de energía final de dicho sector se redujese en un 11,6% en 2020, debido principalmente a la mejora de la eficiencia energética del uso de la energía de la ciudadanía y de la evolución de la población (Junta de Andalucía, 2014).

El objetivo de este trabajo es identificar las causas de las variaciones en la evolución del consumo de energía final para Andalucía y sus provincias. El análisis de las ocho provincias que componen la región de Andalucía permitirá establecer diferencias más precisas dentro del territorio, teniendo en cuenta la asimetría con la que se desarrollan fenómenos como el despoblamiento, el crecimiento de la renta disponible total o el crecimiento de nuevos modelos de hogares con menos individuos.

Para hacer esto, se desarrolla un análisis de descomposición de media logarítmica del tipo LMDI I. Este método permitirá conocer los factores inhibidores e impulsores del consumo de energía del sector residencial. El periodo temporal es el comprendido entre 2014 (entrada en vigor de la Estrategia Energética) y 2018 (último año en el que consta que se han emitido memorias e informes de seguimiento relativos a la Estrategia andaluza). No se ha podido optar por una franja temporal más amplia, que cubriese los años 2019 y 2020, por otras razones vinculadas a la disponibilidad de los datos de carácter económico necesarios para la realización del modelo de descomposición LMDI I.

El documento se estructura como sigue. Tras la Introducción, el segundo apartado se realiza una revisión de la literatura científica. El tercer apartado expone la metodología utilizada. El apartado cuarto detalla las bases de datos empleadas. El apartado quinto muestra los resultados de la investigación y la discusión. Las principales conclusiones se resumen en el apartado sexto.

2.- REVISIÓN DE LA LITERATURA

Dado el gran peso que tiene en las emisiones globales de GEI, uno de los principales países para el que la literatura ofrece una mayor aplicación del método LMDI en el sector residencial ha sido China: Chung et al. (2011); Zhao et al. (2012); Xu et al. (2014); Yeo et al. (2015); Wang y Yang (2016); Chong et al. (2017); Zhang y Bai (2018); Shi et al. (2019); Huo et al. (2021); y Zhao y Liu (2021).

La aplicación del método LMDI para el análisis de la evolución del consumo de energía del sector residencial en otros estados está disponible para Austria (Holzmann et al., 2013); Brasil (Achão & Schaeffer, 2009); Canadá (Torrie et al., 2016); Estados Unidos (Hojjati & Wade, 2012); Finlandia (Trotta, 2020); Hungría (Szép, 2017; Weiner & Szép, 2021); India (Yeo et al., 2015); Indonesia (Kurniawan et al., 2018); Irlanda (Dennehy et al., 2019; O' Mahony et al., 2012; Rogan et al., 2012); Lituania (Baležentis et al., 2011); Singapur (Xu & Ang, 2014); Taiwan (Huang, 2020); y Turquía (Akbostancı et al., 2018).

A nivel europeo existen importantes contribuciones tales como Smit et al. (2014), para evaluar las políticas de ahorro y eficiencia energética de la UE en una época pre-recesión y post-recesión económica; Tzeiranaki et al. (2019), para el periodo 2000-2016; Reuter et al. (2019), relativo a la medición de los efectos de las políticas públicas de los Estados miembros; y Economidou y Román-Collado (2019), sobre los cambios en el consumo de energía del sector residencial en la UE en el periodo 2005-2016.

La aplicación LMDI en el sector residencial español está disponible en Cansino et al. (2015); Mendiluce (Mendiluce, 2007; 2012); Mendiluce et al. (2010); Román-Collado y Colinet (2018b), dedicado al estudio de los factores principales que explican los cambios en el consumo de energía en los subperiodos 2000-2008 y 2009-2013; Román-Collado y Colinet (2018a); Serrano-Puente (2021), que analiza cómo está siendo el proceso de descarbonización de la economía española.

Existen otros artículos que, aunque no han empleado el método LMDI, han abordado la cuestión de la eficiencia energética en el sector residencial de España: López-

González (2018); De las Heras Casas (2018); Csoknyai et al. (2019); y Merini et al. (2020). Dentro de esta categoría, se encuentran los que muestran especial interés por el estudio del efecto rebote: Freire-González (2010); Gálvez et al. (2015); Cansino (2020).

En la aplicación del método LMDI en el sector residencial andaluz, Colinet y Román-Collado (2016) centraron el objeto de estudio en varios sectores de la economía de Andalucía, tales como el sector energético, servicios, primario, transporte, industria, así como el residencial, durante el periodo 2003-2011. Estas autoras concluyeron que la baja eficiencia del sector fue responsable de buena parte del consumo de energía final. Las mismas autoras plantearon otro estudio similar para el periodo 2000-2013, con especial énfasis al análisis del consumo de energía residencial como un impulsor en los cambios del consumo de energía final andaluz (Román-Collado & Colinet, 2017).

Recientemente, Román-Collado y Colinet (2021) aplican por primera vez un análisis de descomposición espacio-temporal para determinar las diferencias del consumo de energía entre Andalucía y España. En este estudio el sector residencial no fue objeto de análisis, pero en el mismo sí se aportan contribuciones relevantes para entender el contexto económico y energético de Andalucía durante el periodo 2000-2015.

Entre los estudios que abordan la cuestión de la eficiencia energética en Andalucía fuera del ámbito del método LMDI, pero que resultan importantes para entender el contexto energético de Andalucía, se encuentran: Cardenete et al. (2008); Cardenete et al. (2009); Gago et al. (2011); Cardenete et al. (2012); y Sendra et al. (2013).

A tenor de la literatura científica consultada, el actual trabajo aporta la novedad de desarrollar un análisis exclusivamente dedicado al sector residencial andaluz en un espacio temporal que no ha sido tratado previamente, 2014-2018. Se trata de una franja inmediatamente posterior a 2000-2013, que está considerado como el periodo en la que el consumo de energía de los hogares se convirtió en el componente más importante del consumo de energía final en España (Román-Collado & Colinet, 2018b).

Además de plantear un estudio de una región relevante en términos socioeconómicos, tal y como han hecho estudios previos referenciados en este apartado

(Chong et al., 2017; Chung et al., 2011; Colinet Carmona & Román Collado, 2016; Román-Collado & Colinet Carmona, 2021; Román-Collado & Colinet, 2018b, 2018a; Zhang & Bai, 2018), como novedad para lograr un análisis más segmentado se incluye en el mismo a cada una de las provincias de Andalucía, contando con unos datos energéticos y económicos actualizados que no han sido empleados en trabajos anteriores. Esto permite ir más allá de los factores que explican la evolución del consumo de energía, identificando también cómo se ha producido las variaciones a partir de las fuentes energéticas, algo que para el caso de Andalucía solo había sido realizado para el periodo 2000-2013 (Román-Collado & Colinet, 2017).

La Tabla 1 resume la revisión de la literatura expuesta anteriormente.

Tabla 1: Revisión de la literatura científica

Objeto	Publicaciones	
LMDI y eficiencia energética en el sector residencial: países del mundo	Austria	Holzmann et al. (2013)
	Brasil	Achao y Schaeffer (2009)
	Canadá	Torrie et al. (2016)
	China	Chong et al. (2017)
		Chung et al. (2011)
		Huo et al. (2021)
		Shi et al. (2019)
		Wang y Yang (2016)
		Yeo et al. (2015)
		Xu et al. (2014)
		Zhang y Bai (2018)
		Zhao et al. (2012)
	Zhao y Liu (2021)	
	Estados Unidos	Hojjati y Wade (2012)
	Finlandia	Trotta (2020)
	Hungría	Szép (2017)
		Weiner y Szép (2021)
	India/China	Yeo et al. (2015)
	Indonesia	Kurniawan (2018)
	Irlanda	Dennehy et al. (2019)
O' Mahony et al. (2012)		
Rogan et al. (2012)		
Lituania	Balezentis et al. (2011)	
Singapur	Xu y Ang (2014)	
Taiwan	Huang (2020)	
Turquía	Akbostanci (2018)	
LMDI y eficiencia energética en el sector residencial: UE	Economidou y Román-Collado (2019)	
	Reuter et al. (2019)	
	Serrano-Puente (2021)	
	Smit et al. (2014)	
	Tzeiranaki et al. (2019)	
LMDI y eficiencia energética en el sector residencial: España	Cansino et al. (2015)	
	Mendiluce (2007)	
	Mendiluce et al. (2010)	
	Mendiluce (2012)	
	Román-Collado y Colinet (2018a, 2018b)	
	Serrano-Puente (2021)	
Eficiencia energética en el sector residencial de España (no LMDI)	Cansino (2020)	
	Csoknyai et al. (2019)	
	De las Heras Casas (2018)	
	Freire-González (2010)	
	Gálvez et al. (2014)	
	López-González (2018)	
	Merini et al. (2020)	
LMDI y eficiencia energética en el sector residencial: Andalucía	Colinet y Román-Collado (2016)	
	Román-Collado y Colinet (2017)	
	Román-Collado y Colinet (2021)	
Eficiencia energética en Andalucía (no LMDI)	Cardenete et al. (2008)	
	Cardenete et al. (2009)	
	Cardenete et al. (2012)	
	Gago et al. (2011)	
	Sendra et al. (2013)	

Fuente: elaboración propia.

3.- METODOLOGÍA

Las técnicas de descomposición basadas en índices (*Index Decomposition Analysis* -IDA), pueden ser divididas en dos grupos: los métodos de descomposición de Laspeyres y los métodos vinculados al Índice de Media Logarítmica Divisia (LMDI) (Yeo et al., 2015). El método LMDI, y en concreto en lo que posteriormente sería denominado LMDI-II (Ang, 2005) fue desarrollado por Ang y Choi (1997), para el análisis de descomposición de la energía; el estudio de Ang et. al (1998) incorporó por primera vez el método LMDI I en su vertiente aditiva; mientras que Ang y Liu (2001), presentaron por primera vez el método LMDI I en su vertiente multiplicativa. Entre sus características destaca que es un método flexible y apropiado para evaluar las mejoras implementadas en las políticas públicas energéticas, y que permite al investigador hacer búsquedas ajustadas de acuerdo con sus necesidades u objetivos políticos (Goh & Ang, 2019). Además, posee la ventaja de ser fácil a la hora de interpretar los resultados obtenidos (Ang, 2004).

Siguiendo las recomendaciones de la literatura especializada, esta investigación aplica el método de descomposición LMDI I multiplicativo al consumo de energía residencial en Andalucía (E_H) (Ang, 2015; Ang et al., 2010).

En este trabajo se emplearán cinco factores: factor estructura, factor eficiencia, factor renta, factor tamaño del hogar y factor hogar. A diferencia de otros trabajos que han recurrido el factor población en el modelo de descomposición (Tzeiranaki et al., 2019; Xu & Ang, 2014; Zhang & Bai, 2018; Zhao et al., 2012), en este análisis se emplea el factor tamaño del hogar y factor hogar para explicar las causas de las variaciones en el consumo de energía residencial.

La factorización se ha realizado como sigue:

$$E_H = \sum_{ik} EH_{ik} = \sum_{ik} \frac{EH_{ik}}{EH_i} \cdot \frac{EH_i}{Y_i} \cdot \frac{Y_i}{pop_i} \cdot \frac{pop_i}{h_i} \cdot h_i = ES \cdot EF \cdot Y \cdot SH \cdot H \quad (1)$$

donde E_H mide el total de consumo residencial de energía en Andalucía expresado en kilotoneladas equivalente de petróleo -ktep-; EH_{ik} muestra el consumo residencial de

energía según tipo de fuente energética (k) de la provincia (i). E_{H_i} es el consumo residencial de energía de la provincia (i) en Andalucía; Y_i es la renta residencial disponible de la provincia (i) medido en miles de euros; pop_i representa la población de cada provincia (i), mientras que h_i son el número de hogares de la provincia (i) de Andalucía. De esta forma, el consumo residencial de Andalucía viene explicado por cinco factores que se detallan a continuación:

- a) Factor matriz energética provincial (ES): mide la participación de cada fuente energética (k) en el consumo total residencial de cada una de las ocho provincias de Andalucía.
- b) Factor eficiencia de los hogares (EF): mide el consumo de energía residencial de cada provincia por unidad monetaria de la renta disponible total.
- c) Factor renta (Y): mide la renta residencial per cápita de cada provincia.
- d) Factor tamaño del hogar (SH): mide el tamaño del hogar (medido por el número medio de miembros) de cada provincia.
- e) Factor hogar (H): mide el número de hogares de una provincia.

El método de descomposición LMDI I multiplicativo permite descomponer los cambios producidos en E_H entre el periodo 0 y t en los cinco factores de descomposición que se incluyen en la ecuación (2).

$$D_{tot} = \frac{E_H^t}{E_H^0} = D_{ES} \cdot D_{EF} \cdot D_Y \cdot D_{SH} \cdot D_H \quad (2)$$

Donde D_{ES} representa el efecto mix energético, D_{EF} es el efecto eficiencia de los hogares, D_Y es el efecto renta, D_{SH} es el efecto tamaño del hogar y D_H es el efecto hogar. El valor de estos efectos se calcula como sigue:

$$\Delta E_{ES} = \exp \left(\sum_{ik} w_i \ln \left(\frac{E_{H_{ik}}}{E_{H_i}} \right) \right) \quad (3)$$

$$\Delta E_{EF} = \exp\left(\sum_{ik} w_i \ln\left(\frac{EH_i}{Y_i}\right)\right) \quad (4)$$

$$\Delta E_Y = \exp\left(\sum_{ik} w_i \ln\left(\frac{Y_i}{pop_i}\right)\right) \quad (5)$$

$$\Delta E_{SH} = \exp\left(\sum_{ik} w_i \ln\left(\frac{pop_i}{h_i}\right)\right) \quad (6)$$

$$\Delta E_H = \exp\left(\sum_{ik} w_i \ln(h_i)\right) \quad (7)$$

w_i en las ecuaciones (3) a (7) representa la ponderación para el cálculo de los diferentes efectos según establece la ecuación (8):

$$w_i = \frac{(EH_i^T - EH_i^0) / (\ln EH_{ik}^T - \ln EH_{ik}^0)}{(EH^T - EH^0) / (\ln EH^T - \ln EH^0)} \quad (8)$$

Siendo EH^T y EH^0 el consumo de energía residencial total de Andalucía en los periodos 0 y T respectivamente. De esta forma, los efectos impulsores del cambio en el consumo de energía residencial serán aquellos cuyos valores sean positivos y mayores que 1 y serán efectos inhibidores aquellos que presenten valores positivos, entre 0 y 1.

4.- BASE DE DATOS

4.1. Datos de carácter económico

Las bases de datos de carácter económico han sido las siguientes. Los datos de la población por provincias de Andalucía para el periodo 2014-2018 han sido tomados del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA, 2021). Del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2021) se tomaron el número de hogares por provincias de Andalucía para el periodo 2014-2018 (en el momento de la investigación no existían datos previos a 2014 ni para el año 2020); datos de la población por provincias de Andalucía para el periodo 2014-2018 y el Índice de Precios al Consumo (IPC) con año base 2016 para

deflactar la renta disponible total. Finalmente, los datos de renta disponible total por provincias para el periodo 2014-2018 se tomaron de la Agencia Tributaria de España.

4.2. Datos de carácter energético

La base de datos energéticos ha sido el sistema de explotación de la información Info-Energía (AAE, 2021). Esta base ofrece datos del consumo de energía final en el sector residencial por fuentes de energía (carbón, productos petrolíferos, gas natural, electricidad y energías renovables) y las ocho provincias andaluzas.

Los datos relativos al consumo energético de la fuente “carbón” han sido eliminados del análisis, dada su nula su contribución en el consumo de energía final en el sector residencial en Andalucía durante los años 2014-2018.

De las fuentes energéticas citadas hay dos que representan de forma agregada otros recursos energéticos. Se trata de los productos petrolíferos, que incluyen tanto al gasóleo como GLP, y las energías renovables, que incluyen a la biomasa, al biogás y a la energía solar térmica. La Tabla 2 resume esta información.

Tabla 2: Resumen de las fuentes energéticas

Productos petrolíferos	Gasóleo
	GLP
Gas Natural	
Electricidad	
Energías renovables	Biomasa y biogás
	Solar térmica

Fuente: elaboración propia

4.3. Datos de elaboración propia y consideraciones

A partir de los datos económicos y energéticos, se han elaborado otros datos como la energía final consumida en cada una de las provincias por los hogares. Los datos que se han empleado para la obtención de los resultados han sido medidos siguientes

unidades: Consumo de energía final: toneladas equivalentes de petróleo (ktep); Renta disponible total: miles de euros; Población: unidad de personas; y Hogares en miles de hogares.

En relación con el tratamiento de los datos, son pertinentes las siguientes consideraciones:

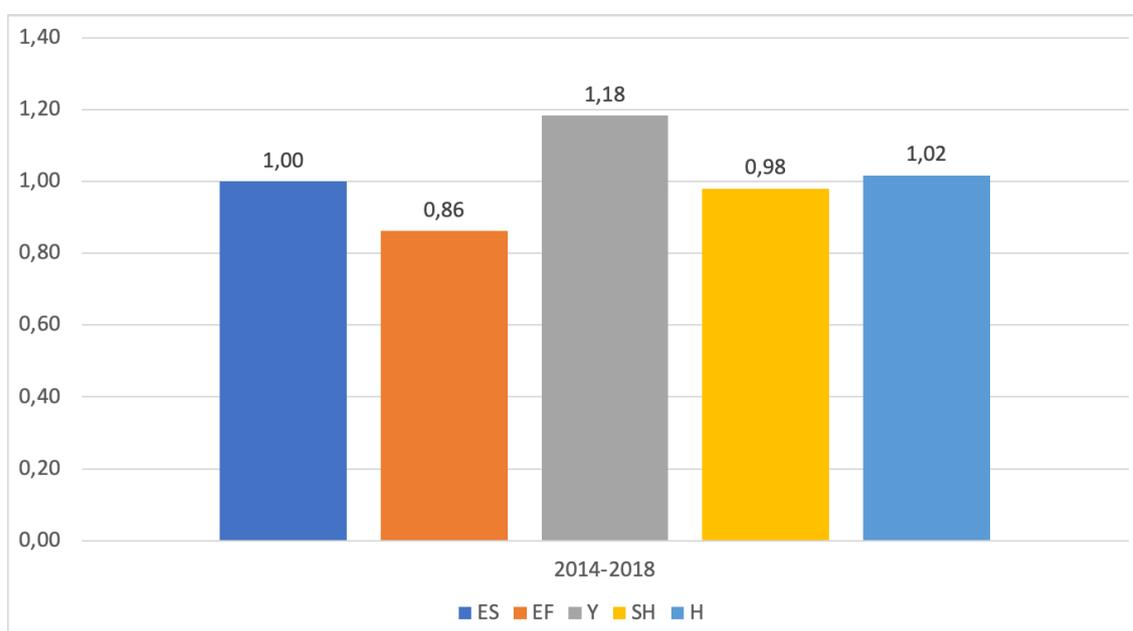
- 1) Dado que el sector residencial no es un sector productivo ni genera output alguno que pueda valorarse en unidades monetarias (Serrano-Puente, 2021; Xu & Ang, 2014), su intensidad energética se calcula por medio de una combinación de modelos aceptados: la relación entre el consumo de energía final y el número de hogares de cada provincia, así como la renta disponible para explicar la intensidad energética.
- 2) El portal Info-Energía muestra la intensidad energética en el sector residencial en relación con el número de hogares. Esta es la misma metodología que se ha empleado por parte de la AAE (2018c) a la hora de reflejar la evolución de la intensidad energética en el sector residencial de Andalucía. En este caso, el papel de los hogares no se encuentra vinculado al factor de la intensidad energética, pero tiene un papel relevante en los factores tamaño de hogar y hogar.
- 3) En el caso de la renta disponible total, conviene indicar que esta ha sido deflactada con el IPC con año base 2016, para eliminar el efecto de los precios. La división de EH_i y la variable de la renta disponible total deflactada conforman el factor intensidad energética. Esta metodología encuentra su soporte en estudios como el planteado por Yeo et al. (2015), Román-Collado y Colinet (2018b) o Huo et al. (2021).
- 4) Los resultados que se exponen a continuación provienen del análisis del periodo global 2014-2018 y de los cuatro subperiodos correspondientes a las variaciones interanuales entre el año inicial y año final, que permitirán observar los comportamientos concretos de Andalucía y cada una de las provincias.

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Descomposición del consumo de energía residencial en Andalucía

A nivel de la región andaluza, el consumo de energía final del sector residencial aumentó un 2% entre 2014 y 2018. El análisis de descomposición LMDI permite explicar esta variación tal y como muestra el Gráfico 1.

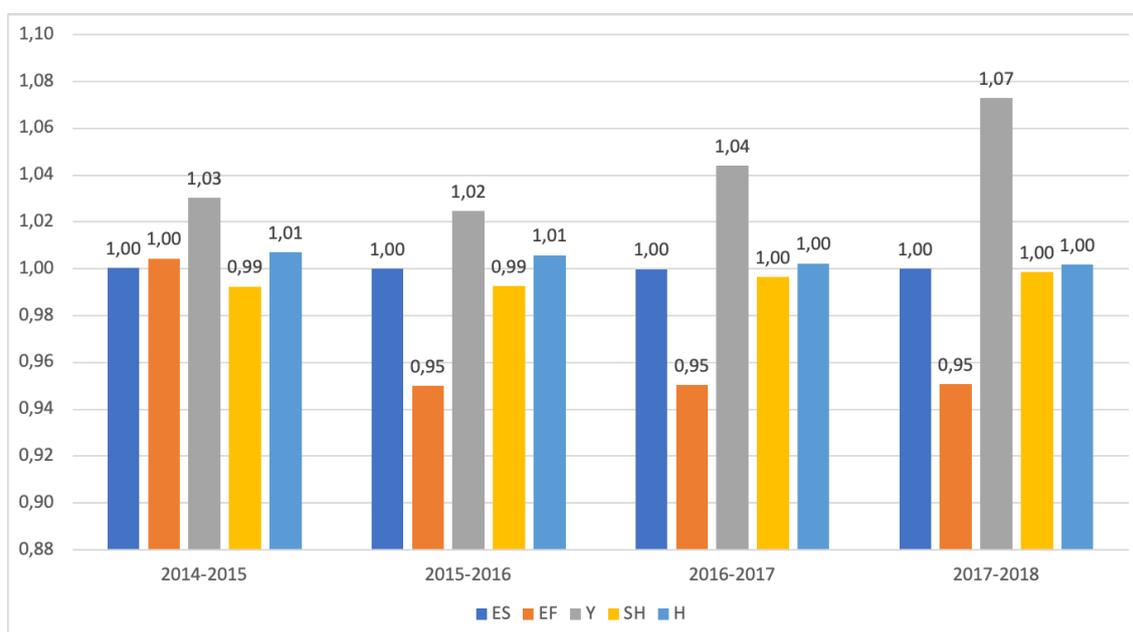
Gráfico 1: Resultados de los efectos del modelo de descomposición LMDI I en Andalucía (2014-2018)



Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de los efectos en los subperiodos del estudio ha sido como sigue. Entre el subperiodo 2014-2015 se produce un crecimiento del 3,43%; entre el subperiodo 2015-2016 se produce una reducción del 2,82%; entre el subperiodo 2016-2017 se produce una reducción del 0,92%; y entre el subperiodo 2017-2018 se produce un aumento del 2,03%. La influencia de cada efecto sobre el consumo de energía final del sector residencial en cada subperiodo se refleja en el Gráfico 2.

Gráfico 2: Variaciones interanuales de los efectos del modelo de descomposición LMDI I en Andalucía (2014-2018)



Fuente: elaboración propia.

Los gráficos 1 y 2 muestran que el **efecto estructura (ES)** no tiene prácticamente influencia en el cambio del consumo de energía final en los subperiodos comprendidos entre el año 2014 y 2018. Estos resultados para el caso agregado de Andalucía también son extrapolables a todas sus provincias. De esta manera, dado que no se aprecian cambios significativos, la estructura del mix energético o matriz de consumo es muy estable para los subperiodos expuestos, al igual que ocurre en el estudio planteado por Colinet y Román-Collado (2016) para el caso específico del sector residencial en Andalucía.

No ocurre así con el **efecto eficiencia de los hogares (EF)**. Entre 2014 y 2018, genera una reducción del consumo de energía final del 14%. En términos interanuales, salvo en el subperiodo 2014-2015, en el resto de subperiodos ha actuado como un claro inhibidor en el consumo de energía final en el sector residencial de Andalucía, con una caída del 5% en los subperiodos 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018.

El **efecto renta (Y)** es uno de los principales impulsores del consumo de energía final en el sector residencial de Andalucía, ya que entre 2014 y 2018 impulsa el consumo de energía en 18%. Encuentra su máximo de crecimiento en el último subperiodo, 2017-2018, con un crecimiento del 7%.

El **efecto tamaño del hogar (SH)** actúa como inhibidor del consumo de energía residencial final, generando una reducción del 2% entre 2014 y 2018. En los dos subperiodos iniciales, se observa una reducción del 1% en el consumo de energía final. En el resto de los subperiodos no tiene influencia en el consumo de energía final ya que no se aprecian cambios significativos.

Por último, el efecto **hogar (H)** actúa como impulsor o driver del consumo de energía final con un incremento del 2% entre 2014 y 2018. En la variación interanual, se observa un aumento del 1% en los dos subperiodos iniciales.

Los resultados anteriores pueden estilizarse desagregándolos a nivel provincial, salvo para el caso del efecto estructura dada su nula influencia en la evolución del consumo de energía.

5.2. Descomposición del consumo de energía residencial en las provincias andaluzas

Las provincias que han experimentado un aumento del consumo de energía final del sector residencial entre 2014-2018 han sido Almería (4,23%), Cádiz (0,37%), Huelva (0,66%), Sevilla (3,68%) y Málaga (6,96%), siendo esta última la provincia con el crecimiento más pronunciado.

Las provincias que redujeron el consumo de energía final entre 2014-2018 han sido Córdoba (2,43%), Granada (0,48%) Jaén (7,14%), siendo esta última la provincia con mayor reducción del consumo (Tabla 3).

El comportamiento en cada subperiodo se resume en la Tabla 3:

Tabla 3: Variación interanual del consumo de energía residencial

	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018
Almería	+10,79%	-3,53%	-1,83%	-0,67%
Cádiz	+2,27%	-9,75%	+10,69%	+0,37%
Córdoba	+0,46%	-4,03%	-1,26%	+2,50%
Granada	-3,05%	-2,95%	+1,05%	+4,67%
Huelva	+2,44%	-4,12%	+1,91%	+0,56%
Jaén	-5,71%	-3,08%	+1,06%	+0,55%
Málaga	+2,41%	-2,30%	+2,92%	+3,86%
Sevilla	+13,44%	-0,37%	-9,50%	+1,36%

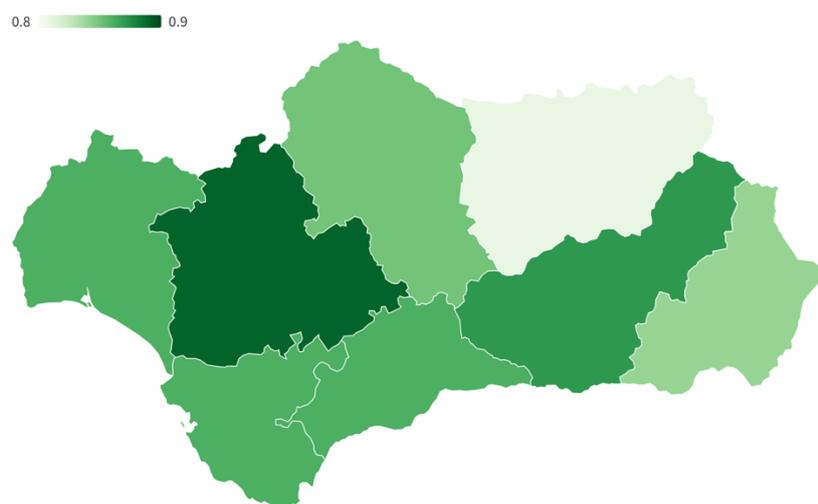
Fuente: elaboración propia.

A partir de lo anterior, en el subapartado siguiente se exponen y discuten los resultados del análisis de descomposición LMDI. Los resultados detallados se contienen en el Anexo A.

5.2.1. Efecto eficiencia de los hogares

El **efecto eficiencia de los hogares (EF)** ha sido el inhibidor más importante en el consumo de energía residencial de Andalucía, logrando una reducción del consumo de energía final del 14%, y de todas sus provincias. Entre 2014 y 2018, la mayor reducción se observa en la provincia de Jaén (19%) y la menor en la provincia de Sevilla (11%) (Mapa 1).

Mapa 1: Efecto eficiencia de los hogares (2014-2018)



Fuente: elaboración propia con Flourish.

A nivel provincial, salvo en el subperiodo 2014-2015 en Almería (+5%), Huelva (0%) y Sevilla (+11%), y en el subperiodo 2016-2017 en Cádiz (+3%), en el resto de subperiodos el efecto ha reducido el consumo de energía.

La provincia de Sevilla es la más polarizada en relación con este efecto. En el subperiodo 2014-2015 muestra un comportamiento ineficiente con un incremento del consumo de energía final del 11%, que representa el máximo alcanzado por este efecto en la serie temporal. Sin embargo, a medida que avanzan los subperiodos el efecto eficiencia actúa como inhibidor, logrando la mayor reducción del consumo de energía en 2016-2017 (-14%), que es el mínimo alcanzado en la serie temporal interanual. Este comportamiento puede ser debido a la aplicación de políticas públicas como el Plan de Acción de Energía Sostenible de Sevilla (Ayuntamiento de Sevilla, 2013), que contaba con objetivos concretos en materia de eficiencia energética residencial y de sensibilización ambiental.

A pesar de que en todas las provincias se ha producido un progresivo aumento de la renta disponible total (Agencia Tributaria), se observa no ha ido acompañado de un aumento del consumo de energía en el sector residencial. Por lo tanto, salvo en los supuestos ya indicados, el sector residencial andaluz ha sido más eficiente energéticamente.

Las acciones contenidas en la Estrategia Energética de Andalucía 2020 y el elevado grado de cumplimiento de las mismas que se recogen en las Memorias Anuales (AAE, 2017b, 2018b, 2019b), es coherente con los resultados obtenidos y prueban una mayor eficiencia energética. En particular, las medidas más efectivas para el sector residencial han podido guardar relación con las acciones del Programa de Cultura Energética y las medidas de fomento del autoconsumo de la energía eléctrica generada con fuentes renovables.

Los resultados del efecto eficiencia energética como inhibidor en el sector residencial coinciden con otros alcanzados por la literatura científica (Economidou & Román-Collado, 2019; Reuter et al., 2019) y hay autores (Li et al., 2015) que señalan el

papel fundamental que tienen los avances tecnológicos a la hora de mejorar la eficiencia energética a partir de electrodomésticos con gran capacidad de ahorro.

Sin embargo, para el caso de España, Román-Collado y Colinet (2018b) sostiene que el efecto eficiencia, al igual que el resto de efectos del modelo, actuaron como impulsores del consumo de energía en el sector residencial entre 2000-2013, principalmente por el elevado número de electrodomésticos por hogar.

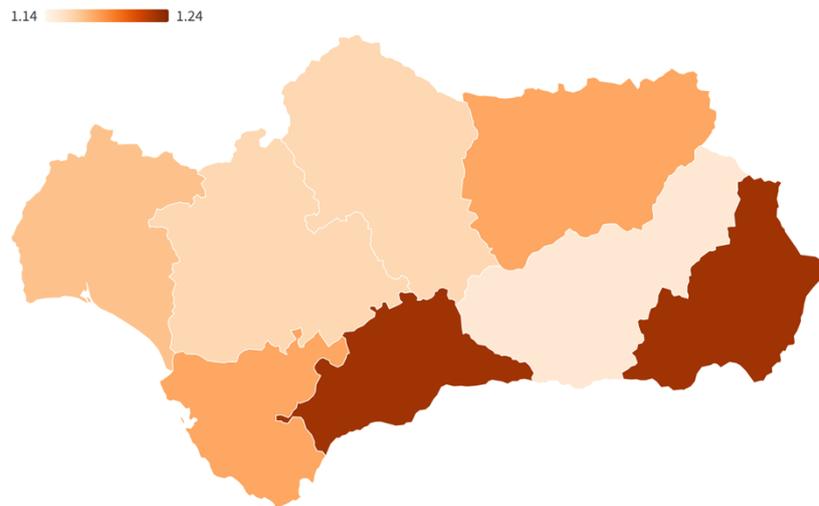
Se observa un cambio de tendencia en este nuevo espacio temporal para Andalucía, ya que los resultados tampoco coinciden con los alcanzados por Colinet y Román-Collado (2016) para el caso de Andalucía entre los años 2003-2011. En este trabajo se observa que el efecto intensidad contribuyó a un aumento del consumo de energía residencial del 0,9%. Este nuevo ciclo a partir de 2014 podría suponer un alivio a la brecha de la intensidad energética que tiene Andalucía en relación con el conjunto de España (5,9% frente al 5,1%) (Román-Collado & Colinet, 2021).

El análisis por fuentes energéticas revela que las principales variaciones han tenido lugar en el consumo de la electricidad, siendo la fuente energética que más ha contribuido a la mejora de la eficiencia energética.

5.2.2. Efecto renta

El **efecto renta (Y)** ha sido el impulsor más importante en el consumo de energía final del sector residencial entre 2014 y 2018, con un incremento del 18% para toda Andalucía, un porcentaje que anula la reducción generada por el efecto eficiencia de los hogares. El Mapa 2 muestra a nivel provincial entre 2014 y 2018 que los mayores incrementos del consumo de energía final se observan en la provincia de Almería y Málaga (23%). El menor incremento tiene lugar en la provincia de Granada (15%), Córdoba y Sevilla (16%).

Mapa 2: Efecto renta (2014-2018)



Fuente: elaboración propia con Flourish.

En relación con la variación interanual, el efecto ha generado un aumento del consumo de energía final en todos los subperiodos. Además, se observa una pauta común: todas las provincias alcanzan el mayor aumento del consumo de energía final debido al efecto renta en el subperiodo 2017-2018. Los mayores incrementos se observan en la provincia de Almería, Cádiz, Málaga y Sevilla (8%).

La fuente energética que más contribuye al aumento del consumo de energía final es la electricidad, especialmente en la provincia de Almería y Málaga. Destaca también el caso del aumento del consumo de energías renovables en la provincia de Jaén.

Según datos de la Agencia Tributaria, la renta disponible total de todas las provincias andaluzas experimentó un crecimiento interanual progresivo durante el periodo 2014-2018. En paralelo a esta evolución, el INE señala que las provincias que redujeron su población en este periodo fueron Jaén, Granada y Córdoba en todos los subperiodos, y Cádiz (salvo en 2014-2015) y Sevilla de forma parcial (salvo en 2014-2015 y 2017-2018). La bajada de la población de las provincias de Cádiz, Córdoba, Granada y Jaén, puede ser debida al fenómeno del despoblamiento, tal y como señala la Federación Andaluza de Municipios y Provincias -FAMP- (2018).

El aumento del consumo de energía residencial debido al efecto renta se ha producido por el comportamiento de las dos variables que componen la renta disponible

total per capita: por un lado, el incremento progresivo de la renta disponible total en Andalucía y en cada una de sus provincias; y, por otro, la progresiva reducción de la población de parte del territorio. Así, las provincias en las que se ha producido un mayor crecimiento de la renta per cápita se ha consumido más energía, lo cual concuerda con otros estudios (Achão & Schaeffer, 2009; Román-Collado & Colinet, 2018b; Yeo et al., 2015).

La literatura científica ha abordado el papel del efecto renta en el consumo residencial. Xu y Ang (2014) explican que el consumo de energía final en el sector residencial se encuentra afectado por las condiciones socioeconómicas, climáticas y culturales de cada región. De todas las variables, la renta de los hogares es la más determinante en el incremento del consumo de energía final.

Según otros estudios (Wang & Yang, 2016; Zhang & Bai, 2018; X. Zhao et al., 2012), el efecto renta intensifica más su efecto impulsor en los territorios con mayor concentración de zonas urbanas. Esto explica el caso de Málaga, que es la provincia en la que el efecto renta provoca el mayor aumento del consumo de energía final, por ser una de las provincias andaluzas que concentra más zonas urbanas de Andalucía (IECA).

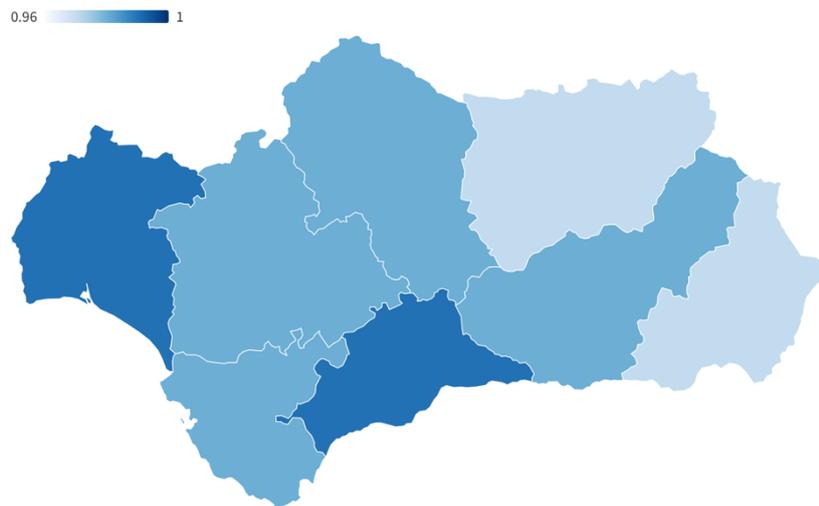
La brecha socioeconómica de la región de Andalucía con España (Román-Collado & Colinet Carmona, 2021), y la reflejada entre sus provincias, tiene una traducción directa en las variaciones del consumo de energía final. Por ello, expresa Sendra et al. (2013) que es necesario que se preste una mayor atención a los perfiles socioeconómicos en futuras políticas públicas energéticas.

En una línea similar, otros autores (Chung et al., 2011; Zhao et al., 2012) señalan que las variaciones del consumo de energía final en el sector residencial podrían ser mejor explicadas con datos energéticos por niveles de ingresos y, en especial, teniendo en cuenta el fenómeno de la pobreza energética (Román-Collado & Colinet, 2018a). Este nivel de análisis genera interés en Andalucía, ya que es una comunidad autónoma con elevados índices de desigualdad, que concentra doce de las quince ciudades y barrios más pobres de toda España (INE, 2021a).

5.2.3. Efecto tamaño de los hogares

El **efecto tamaño del hogar (SH)** ha actuado como inhibidor y ha sido responsable de una reducción del consumo de energía final del 2% a nivel andaluz. A nivel provincial, entre 2014 y 2018, la reducción más extrema ha sido de un 3% y ha tenido lugar en Almería y Jaén. La reducción del consumo de energía final menos pronunciada se encuentra en Huelva y Málaga (1%) (Mapa 3).

Mapa 3: Efecto tamaño de los hogares (2014-2018)



Fuente: elaboración propia con Flourish.

Ha sido un efecto relativamente estable y solo en determinados subperiodos ha sido un inhibidor del consumo de energía final. A nivel provincial, la reducción más elevada que se ha alcanzado ha sido del 1%. En Almería y Jaén llegó a producirse en los subperiodos 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017.

Existe una excepción en el caso de Málaga en el subperiodo 2017-2018, en el que el efecto actúa como impulsor del consumo de energía final (1%). Esto es debido al crecimiento de la población y del número de hogares que experimenta Málaga concentrado en sus zonas costeras (Larrubia et al., 2020). Este resultado concuerda con el propuesto por Zhao et al. (2012), que sostiene que el aumento de la población urbana es junto a la renta uno de los efectos determinantes en el aumento del consumo de energía.

En general, se aprecia una evolución negativa moderada del número de personas por hogar en todas las provincias, salvo en Málaga para el subperiodo 2017-2018, que es el único caso en el que se aprecia un leve crecimiento (de 2,54 personas por hogar a 2,55) (INE, 2021). Por lo tanto, se puede entender que el número de personas por hogar de cada provincia no ha sido un efecto influyente en la evolución del consumo de energía final, aunque se aprecian importantes diferencias en la evolución del tipo de hogar.

El INE (2021b), en la comparativa de datos entre los años 2014 y 2018 según el tipo de hogar por provincia, refleja que el mayor crecimiento de los hogares se produce en los de tipo unipersonal (una media de crecimiento de un 7,09%) y los monoparentales (una media de crecimiento de un 6,95%); y la mayor caída en el tipo de hogar de pareja sin hijos (una media de decrecimiento de un 1%) y con hijos (una media de decrecimiento de un 1,30%). La provincia de Sevilla es la única que presenta un crecimiento de los hogares formado por parejas sin hijos (+3%) y con hijos (+2%).

A nivel regional, el tipo de hogar que más ha aumentado entre 2014-2018 es el compuesto por una persona (5,80%), dos personas (1,63%) y tres personas (0,72%). El principal descenso lo experimenta el tipo de hogar compuesto por cuatro personas (-0,81%), cinco personas (-3,49%) y 6 personas (-14,05%) (INE, 2021b).

La reducción progresiva del tamaño del hogar en Andalucía ha propiciado una leve reducción consumo de energía final. El consumo de energía residencial según el tipo de hogar ha sido una cuestión estudiada por Csoknyai et al. (2019) y, al igual que los resultados obtenidos en el presente estudio, se comprueba que los hogares compuestos por un margen de una a tres personas tienen un menor consumo que aquellos compuestos por un margen de cuatro a seis personas.

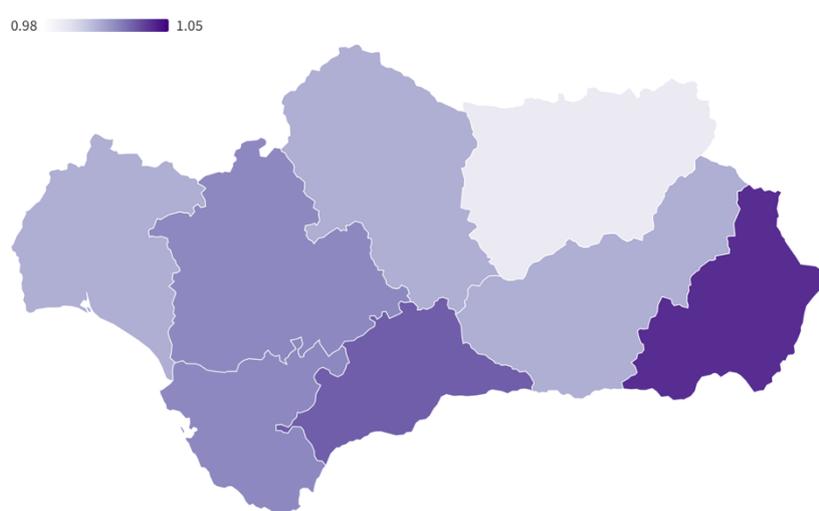
5.2.4. Efecto hogares

El **efecto hogar (H)** ha actuado como impulsor del consumo de energía final y ha generado un incremento del 2% entre el periodo 2014-2018. A nivel regional ha actuado como compensador del efecto anterior, dado que ha aumentado el consumo de energía

final del 1% en los subperiodos 2014-2015 y 2015-2016 (subperiodos en los que el efecto tamaño del hogar produce una reducción equivalente).

A nivel regional, entre 2014 y 2018 el principal incremento del consumo de energía final tiene lugar en Almería (4%). Jaén representa una excepción en el análisis, ya que es la única provincia en la que se observa que el efecto hogar ha actuado como inhibidor del consumo de energía en un 1% entre 2014-2018. Todas las variaciones provinciales aparecen representadas en el Mapa 4.

Mapa 4: Efecto hogares (2014-2018)



Fuente: elaboración propia a partir de Flourish.

Al igual que el efecto anterior, el efecto hogar es relativamente estable y solo se ha comportado como impulsor del consumo de energía final en determinados subperiodos. A nivel provincial sí se han observado variaciones más intensas en el caso de las provincias en las que crece más el número de hogares, tales como: Almería, con un crecimiento del 1% en todos los subperiodos; Málaga, con un crecimiento del 2% en el subperiodo 2014-2015 y del 1% en el subperiodo 2015-2016.

El comportamiento de este efecto como impulsor del consumo de energía en el sector residencial concuerda con el planteamiento realizado por Xu y Ang (2014). En su estudio se identifica al indicador número de hogares como uno de los principales impulsores del consumo energía, a partir de una recopilación de la literatura científica dedicada a la investigación en el sector residencial.

Según el INE (2021c), los descensos poblacionales a los que se ha hecho referencia anteriormente no han ido acompañados de una reducción del número de hogares. Entre los datos del año 2014 y 2018, se observa que hay provincias que han reducido su número de habitantes pero que han incrementado el número de hogares, tales como: Cádiz, con una caída de su población del 0,1% y un crecimiento del número de hogares del 1,5%; Córdoba, con una caída de su población del 1,8% y un crecimiento del número de hogares del 0,6%; y Granada, con una caída de su población del 0,8% y un crecimiento del número de hogares del 1,1%.

Estas variaciones son debidas al aumento de los hogares unipersonales y monoparentales y al descenso de los hogares formados por parejas con y sin hijos, referenciados anteriormente. Se trata de una tendencia que, según el INE (2020), va a ir en aumento en la proyección realizada para el año 2035 en España.

Todos estos cambios en la estructura del hogar y el auge de hogares con menor número de personas, son debidos a los nuevos riesgos sociales resultantes de los cambios demográficos, laborales y sociales asociados con el orden postindustrial. Confluyen tres tendencias: el envejecimiento de la población, consecuencia del aumento de la esperanza de vida y la caída de la natalidad; la transformación de los mercados de trabajo, que propicia la migración de las personas jóvenes a lugares fuera de Andalucía con el fin de lograr independencia financiera; y los cambios en los valores sociales, con especial auge del individualismo y su influencia en los modelos familiares (Fundación The Family Watch, 2020).

Frente a esta tendencia, la Junta de Andalucía ha anunciado el impulso de políticas públicas para afrontar los nuevos cambios de los hogares. Entre las más destacadas, se encuentra el I Plan de Familias en Andalucía 2020-2025 (Junta de Andalucía, 2020), con políticas públicas para responder de forma apropiada a las cambiantes necesidades de las familias, y la Estrategia Frente al Desafío Demográfico en Andalucía, que nace con el objetivo de afrontar retos como la regresión demográfica. Ambas iniciativas se encuentran en fase de elaboración.

5.3. Consideraciones finales

En resumen, se han identificado tres patrones en el comportamiento energético por provincias. Las provincias de Almería y Málaga, en las que más ha crecido la renta disponible total, la población y el número de hogares, son las que más han aumentado el consumo de energía residencial entre 2014 y 2018, y en las que el efecto renta y el efecto hogar han actuado como impulsores del consumo de energía con más intensidad.

Por el contrario, las provincias de Córdoba, Granada y Jaén, que entre el periodo 2014-2018 tienen el menor incremento de la renta disponible, sufren la mayor pérdida de población y obtienen las cifras más bajas en la comparativa del número de hogares, son las únicas que han reducido el consumo de energía residencial. También son en las que el efecto hogar alcanza los valores más bajos como impulsor (Córdoba y Granada) e incluso como inhibidor (Jaén). La provincia de Jaén es la que alcanza una mayor reducción del consumo de energía gracias al efecto eficiencia (19%), mientras que las provincias de Córdoba y Granada son en las que el efecto renta tiene menos incidencia como impulsor del consumo energético.

Por otra parte, las provincias de Cádiz, Huelva y Sevilla han tenido un comportamiento más variable en el tiempo y no pueden ser encajadas en ninguna de las categorías anteriores. La provincia de Sevilla muestra el menor impacto del efecto eficiencia de los hogares como inhibidor (-11%) y el segundo menor impacto del efecto renta como impulsor (16%), solo por detrás de Granada (15%) e igualada con Córdoba. Las provincias de Cádiz y Huelva han registrado valores medios muy similares entre sí en todos los efectos.

Tal y como señala la literatura científica (Holzmann et al., 2013), las variaciones del consumo de energía en el sector residencial dependen de en gran medida del comportamiento del consumidor de energía. En este sentido, la referida Estrategia Energética de Andalucía 2020 dedica un Programa específico a la implementación de acciones relativa a la mejora de la Cultura Energética, que es indicativo para comprender todas las variaciones en el consumo expuestas anteriormente.

Las Memorias Anuales de la Estrategia Energética Andalucía 2020 (AAE, 2017b, 2018b, 2019b) han ido mostrando un progresivo aumento del consumo de energía eléctrica por habitante, lo cual implica que dicho indicador del Programa de Cultura energética se ha comportado desfavorablemente en la evolución histórica hasta 2018.

La electricidad es la fuente energética más consumida en el sector residencial andaluz, tal y como reconoce Gago et al. (2011), y tal y como se puede comprobar en la estructura del mix energético de Andalucía para 2014-2018 (AAE, 2015, 2016, 2017a, 2018a, 2019a, 2020), siendo además la que más crecimiento experimenta en términos absolutos entre 2014 y 2018. A la luz de los resultados obtenidos en esta investigación, la electricidad es la fuente energética más susceptible de experimentar variaciones y la que más influye a la hora de que algunos efectos actúen como inhibidores o impulsores.

Las acciones que se prevén en la Estrategia Energética de Andalucía 2020 para crear una mejor cultura energética están relacionadas con la puesta en marcha de eventos de difusión sobre la eficiencia energética, campañas de sensibilización y acciones en medios de comunicación y redes sociales (AAE, 2018c, 2019c). Tal y como se ha señalado en el apartado dedicado al efecto eficiencia de los hogares, la valoración en cuanto al grado de cumplimiento de estas acciones por parte de la Junta de Andalucía es positiva (AAE, 2017b, 2018b, 2019b).

Esta valoración contrasta con la posición sostenida por Román-Collado y Colinet (2017), que entienden que los programas destinados a la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial han tenido un menor impacto que los programas en otros sectores. El cambio conductual en el uso de la energía es un campo de actuación imprescindible y es fundamental animar a la ciudadanía a cambiar sus hábitos energéticos. También es necesaria la coordinación interinstitucional entre los diferentes niveles de gobierno (Román-Collado & Colinet Carmona, 2021; Román-Collado & Colinet, 2018b).

Por lo tanto, las actuaciones diseñadas desde los poderes públicos deben ir orientadas a lograr una mejor cultura energética, que es una cuestión que determina una mejor eficiencia energética. En este sentido, la literatura científica (Colinet Carmona & Román-Collado, 2016; Gago et al., 2011; Román-Collado & Colinet, 2018b) ha realizado

las siguientes recomendaciones para las políticas públicas energéticas: promover una mayor presencia en medios de comunicación; mensajes enfocados en el ahorro y buen uso de la energía; el uso de bienes altamente eficientes; y las posibilidades del uso de las energías renovables para generar agua caliente y aire acondicionado en los hogares.

Además, a la luz de los resultados obtenidos en este trabajo, es necesario diseñar una nueva estrategia energética que segmente sus acciones teniendo en cuenta los cambios demográficos y el fenómeno del despoblamiento en las zonas rurales, el desacoplamiento de un mayor nivel de renta con un mayor consumo energético y el auge del modelo de hogar con menos ocupantes.

6.- CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA ECONÓMICA

El método de descomposición LDMI ha demostrado ser una herramienta adecuada para explicar los determinantes de las variaciones del consumo de energía final en el sector residencial de Andalucía. En este trabajo se analizó el periodo 2014-2018 considerando cinco factores o efectos de descomposición; el efecto estructura de la matriz energética, el efecto eficiencia de los hogares, el efecto renta, el efecto tamaño del hogar y el efecto hogar.

El efecto estructura de la matriz energética no tuvo prácticamente influencia ni a nivel regional ni provincial. Esto se debió a que la estructura de la matriz de consumo energético ha sido muy estable durante todos los subperiodos.

El efecto eficiencia de los hogares ha sido un efecto clave como inhibidor del consumo de energía final del sector residencial. Tanto a nivel regional como a nivel provincial se han observado destacadas reducciones del consumo, concentradas especialmente en los últimos tres subperiodos. Esto permitiría concluir que Andalucía podría encontrarse en un cambio de ciclo en materia de eficiencia energética. La fuente energética que más ha contribuido a la eficiencia energética ha sido la electricidad, lo que recomendaría la promoción de esta fuente energética en Andalucía, dada su contribución adicional a la descarbonización y a reducir la dependencia energética de la región.

El efecto renta actuó como el principal impulsor del consumo de energía final en el sector residencial. Generó un aumento progresivo en todas las provincias andaluzas que se intensificó especialmente en el subperiodo 2017-2018, con un especial crecimiento de la electricidad en todas las provincias y las energías renovables en la provincia de Jaén. Estos aumentos han sido debido al crecimiento progresivo de la renta total disponible ligado al descenso progresivo de la población andaluza. Los resultados de este efecto podrían haber sido más finos en caso de haber contado con datos energéticos por niveles de ingresos; un elemento de especial interés para abordar el análisis en Andalucía.

Se puede concluir que la contribución del efecto renta ha anulado la reducción generada por el efecto eficiencia de los hogares. Si bien los hogares andaluces han sido más eficientes energéticamente, el aumento de la renta disponible total per cápita ha generado un aumento del consumo de energía final. De esta manera, el objetivo previsto por la Junta de Andalucía en la Estrategia Energética de Andalucía 2020, de reducción del consumo de energía residencial un 11,6% para el año 2020, no tiene visos de ser cumplido dado que no se ha tenido presente el impacto del efecto renta. Para amortiguar el impacto de este efecto, se recomienda redirigir el aumento de la capacidad de consumo derivado de una mayor renta disponible por medio de la puesta en marcha de políticas públicas destinadas a incentivar la compra de bienes altamente eficientes en la población, la inversión en energías renovables y la convocatoria de más ayudas para financiar o cofinanciar la rehabilitación energética de edificios.

Otros efectos que se han compensado han sido el efecto tamaño del hogar y el efecto hogar. Si bien la disminución del número de ocupantes dentro del hogar ha propiciado una reducción del consumo de energía, el aumento de los hogares unipersonales y monoparentales ha generado un incremento que compensa la reducción anterior. Ambos efectos han tenido un comportamiento relativamente estable en el periodo de estudio.

El efecto tamaño del hogar ha procurado determinar si número de personas por hogar de cada provincia ha sido un elemento clave en la variación del consumo de energía final. Tras los resultados obtenidos, dicho efecto ha actuado como un inhibidor débil del consumo de energía final en Andalucía en los dos primeros subperiodos.

El efecto hogar también ha sido bastante estable en el tiempo y en Andalucía ha contribuido al aumento del consumo de energía final en la misma proporción en la que el efecto anterior reducía el consumo. En el trabajo ha quedado demostrado que un descenso de la población no está reñido con una reducción del número de hogares. De hecho, en el caso de provincias como Cádiz, Córdoba y Granada se observa una relación inversa que prueba que a medida que descendió la población aumentó el número de hogares, lo cual concuerda con el auge de los modelos de hogares compuestos por uno o dos ocupantes.

Es preciso reconocer varias limitaciones del análisis realizado. La elección de un periodo de tiempo tan acotado impide establecer conclusiones que sean extrapolables a la realidad andaluza desde una óptica estructural. Además, la imposibilidad de contar con los datos económicos necesarios para el modelo ha impedido analizar las causas de la variación del consumo entre los años 2018 y 2019, un periodo en el que se produce la mayor reducción del consumo de energía final desde 2014, de más de un 4%.

Sin embargo, el trabajo presenta la oportunidad de definir el marco previo al estudio de la crisis de la Covid-19 y su impacto en el consumo energético final de los hogares; una temática que genera gran interés y que podrá ser abordada una vez que existan datos energéticos y económicos oficiales. Además, los datos obtenidos han permitido identificar propuestas para las políticas públicas energéticas.

En primer lugar, es necesario que las futuras políticas cuenten con un mayor nivel de cooperación interinstitucional y con un mayor nivel de segmentación para atender a las particularidades de los territorios. Provincias como Almería y Málaga, que experimentan entre 2014-2018 un aumento de la población, el número de hogares y la renta disponible total, no deben tener la misma consideración que otras provincias que han sufrido el fenómeno del despoblamiento, como Córdoba, Granada y Jaén.

En segundo lugar, conviene seguir intensificando las acciones de sensibilización, por medio de campañas comunicativas en medios de comunicación para lograr una mejor cultura energética en la población, así como promocionar hábitos basados en el ahorro y el buen uso de la energía, y la incorporación de contenidos relativos al uso de energía y la eficiencia energética en el currículo escolar de las enseñanzas de Primaria y Secundaria.

7.- REFERENCIAS

AAE. (2015). *Datos energéticos de Andalucía 2014*.

https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/datos_energeticos_de_andalucia_2014.pdf

AAE. (2016). *Datos energéticos de Andalucía 2015*.

https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/datos_energeticos_andalucia_2015.pdf

AAE. (2017a). *Datos energéticos de Andalucía 2016*.

https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/datos_energeticos_andalucia_2016_0.pdf

AAE. (2017b). *Memoria Anual 2016: Estrategia Energética de Andalucía 2020*.

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/planes/14/08/Memoria_2016_EEA2020_c.pdf

AAE. (2018a). *Datos energéticos de Andalucía 2017*.

https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/datos_energeticos_2017.pdf

AAE. (2018b). *Memoria Anual 2017: Estrategia Energética de Andalucía 2020*.

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/planes/14/08/Memoria_2017_EEA2020_c.pdf

AAE. (2018c). *Seguimiento del Plan de Acción 2016-2017*.

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/planes/14/08/Seguimiento_2016_Plan_Acción_EEA2020_c.pdf

AAE. (2019a). *Datos Energéticos de Andalucía 2018*.

https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Datos_Energeticos_2018.pdf

AAE. (2019b). *Memoria Anual 2018: Estrategia Energética de Andalucía 2020*.

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/planes/14/08/Memoria_2018_EEA2020_c.pdf

AAE. (2019c). *Seguimiento del Plan de Acción 2018-2020: año 2018*.

<https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/planes/14/08/Seguimiento>

2018_Plan Acción_EEA2020_c.pdf

AAE. (2020). *Datos Energéticos de Andalucía 2019*.

https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Planificaci3n/datos_energeticos_2019.pdf

AAE. (2021). *Sistema de explotación de información Info-Energía*.

Achão, C., & Schaeffer, R. (2009). Decomposition analysis of the variations in residential electricity consumption in Brazil for the 1980-2007 period: Measuring the activity, intensity and structure effects. *Energy Policy*, 37(12), 5208–5220. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.043>

Agencia Tributaria. (2021). *Renta Bruta y Renta Disponible por CCAA, provincia y tamaño de población*.

Akbostancı, E., Tunç, G. İ., & Türüt-Aşık, S. (2018). Drivers of fuel based carbon dioxide emissions: The case of Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(July 2017), 2599–2608. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.066>

Ang, B. W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: Which is the preferred method? *Energy Policy*, 32(9), 1131–1139. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(03\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00076-4)

Ang, B. W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide. *Energy Policy*, 33(7), 867–871. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.010>

Ang, B. W. (2015). LMDI decomposition approach: A guide for implementation. *Energy Policy*, 86, 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.07.007>

Ang, B. W., & Choi, K. H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industries: a refined Divisia index method. *Energy Journal*, 18(3), 59–73.

Ang, B. W., & Liu, F. L. (2001). A new energy decomposition method: Perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy*, 26(6), 537–548. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(01\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(01)00022-6)

Ang, B. W., Mu, A. R., & Zhou, P. (2010). Accounting frameworks for tracking energy efficiency trends. *Energy Economics*, 32(5), 1209–1219. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.03.011>

- Ang, B. W., Zhang, F. Q., & Choi, K. H. (1998). Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*, 23(6), 489–495.
[https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(98\)00016-4](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(98)00016-4)
- Ayuntamiento de Sevilla. (2013). *Plan de Acción de Energía Sostenible de Sevilla*.
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Streimikiene, D. (2011). The energy intensity in Lithuania during 1995-2009: A LMDI approach. *Energy Policy*, 39(11), 7322–7334. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.055>
- Cansino, José M., Sánchez-Braza, A., & Rodríguez-Arévalo, M. L. (2015). Driving forces of Spain's CO2 emissions: A LMDI decomposition approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 48, 749–759.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.011>
- Cansino, José Manuel. (2020). The challenge of energy efficiency in Europe and the rebound effect's risk. *Araucaria*, 11(45), 269–289.
<https://doi.org/10.12795/ARAUCARIA.2020.I45.11>
- Cardenete, M. Alejandro, Fuentes-Saguar, P. D., & Polo, C. (2012). Energy Intensities and Carbon Dioxide Emissions in a Social Accounting Matrix Model of the Andalusian Economy. *Journal of Industrial Ecology*, 16(3), 378–386.
<https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00457>.
- Cardenete, M. Alejandro, Fuentes Saguar, P. D., & Polo, C. (2008). Análisis de intensidades energéticas y emisiones de CO2 a partir de la matriz de contabilidad social de Andalucía del año 2000. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8(2), 31–48. <https://doi.org/10.7201/earn.2008.02.02>
- Cardenete, Manuel Alejandro, & Fuentes, P. (2009). Análisis comparativo de las intensidades energéticas en Andalucía a partir de las matrices de contabilidad social: 2000 vs . 2005 . *CLM Economía*, 121–151.
- Chong, C. H., Liu, P., Ma, L., Li, Z., Ni, W., Li, X., & Song, S. (2017). LMDI decomposition of energy consumption in Guangdong Province, China, based on an energy allocation diagram. *Energy*, 133, 525–544.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.045>
- Chung, W., Kam, M. S., & Ip, C. Y. (2011). A study of residential energy use in Hong Kong by decomposition analysis, 1990-2007. *Applied Energy*, 88(12), 5180–5187.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.030>

Colinet Carmona, M. J., & Román Collado, R. (2016). LMDI decomposition analysis of energy consumption in Andalusia (Spain) during 2003–2012: the energy efficiency policy implications. *Energy Efficiency*, 9(3), 807–823.

<https://doi.org/10.1007/s12053-015-9402-y>

Colinet, M. J., & Román-Collado, R. (2016). LMDI decomposition analysis of energy consumption in Andalusia (Spain) during 2003-2012: the energy efficiency policy implications. *Energy Efficiency*, 9, 807–823.

Consejo Económico y Social. (2016). El papel del sector de la construcción en el crecimiento económico: competitividad, cohesión y calidad de vida. *Colección Informes*, 02/2016. <http://www.ces.es/documents/10180/3557409/Inf0216.pdf>

Csoknyai, T., Legardeur, J., Akle, A. A., & Horváth, M. (2019). Analysis of energy consumption profiles in residential buildings and impact assessment of a serious game on occupants' behavior. *Energy and Buildings*, 196, 1–20.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.05.009>

Dennehy, E. R., Dineen, D., Rogan, F., & Ó Gallachóir, B. P. P. (2019). Recession or retrofit: An ex-post evaluation of Irish residential space heating trends. *Energy and Buildings*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109474>

Economidou, M., & Román-Collado, R. (2019). Assessing the progress towards the EU energy efficiency targets using index decomposition analysis. *Publications Office of the European Union*, EUR 29665. <https://doi.org/10.2760/61167>

FAMP. (2018). *Informe FAMP: A propósito del Despoblamiento en Andalucía*.

<http://www.famp.es/export/sites/famp/.galleries/documentos-recsa/DESPOBLAMIENTO-INFORME.pdf>

Fundación, T. F. W. (2020). *Informe sobre la situación de las familias en Andalucía*.

Gago, E. J., García, J. O., & Estrella, A. E. (2011). Development of an energy model for the residential sector: Electricity consumption in Andalusia, Spain. *Energy and Buildings*, 43(6), 1315–1321. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.01.016>

Gálvez, P., Mariel, P., & Hoyos, D. (2015). Estimating the direct rebound effect in the residential energy sector: An application in Spain. *Green Energy and Technology*, 164, 165–182. https://doi.org/10.1007/978-3-319-03632-8_7

- Goh, T., & Ang, B. W. (2019). Tracking economy-wide energy efficiency using LMDI: approach and practices. *Energy Efficiency*, 12(4). <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9683-z>
- Gonzalez, J. F. (2010). The rebound effect: evidence for Catalonia and indirect effects through an environmental input-output analysis. *Energy*, 1–19.
- Hojjati, B., & Wade, S. H. (2012). U.S. household energy consumption and intensity trends: A decomposition approach. *Energy Policy*, 48, 304–314. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.05.024>
- Holzmann, A., Adensam, H., Kratena, K., & Schmid, E. (2013). Decomposing final energy use for heating in the residential sector in Austria. *Energy Policy*, 62, 607–616. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.027>
- Huang, Y. H. (2020). Examining impact factors of residential electricity consumption in Taiwan using index decomposition analysis based on end-use level data. *Energy*, 213, 119067. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119067>
- Huo, T., Ma, Y., Yu, T., Cai, W., Liu, B., & Ren, H. (2021). Decoupling and decomposition analysis of residential building carbon emissions from residential income: Evidence from the provincial level in China. *Environmental Impact Assessment Review*, 86(October 2020), 106487. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106487>
- IECA. (2021). *Anuario Estadístico de Andalucía*. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/anuario/index.htm>
- INE. (2020). *Proyección de hogares. 2020-2035*.
- INE. (2021a). *Indicadores Urbanos: Edición 2021*. https://www.ine.es/prensa/ua_2021.pdf
- INE. (2021b). *Número de hogares por provincias según tipo de hogar y número de habitaciones de la vivienda*. <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/p274/serie/def/p03/10/&file=03003.px&L=0>
- INE. (2021c). *Población por provincias y sexo*. <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2852>

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2021). *Balance del consumo de energía final 1990-2018*.
- Junta de Andalucía. (2014). *Estrategia Energética de Andalucía 2014-2020: Informe de sostenibilidad ambiental*. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/ISA_EA_ENERGIA_informacion_publica_0.pdf
- Junta de Andalucía. (2020). *I Plan de Familias en Andalucía 2020-2025*. https://observatorio.campus-virtual.org/uploads/40394_BORRADOR-Plan-Familias-Andalucia-2020-2025.pdf
- Junta de Andalucía. (2021). *Directrices Energéticas de Andalucía Horizonte 2030*. https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Planificación/directrices_energeticas_de_andalucia_horizonte_2030.pdf
- Kurniawan, R., Sugiawan, Y., & Managi, S. (2018). Cleaner energy conversion and household emission decomposition analysis in Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 201, 334–342. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.051>
- Larrubia, R., Navarro, S., & Natera, J. J. (2020). Desequilibrios demográficos en los municipios rurales malagueños. Tipificación según su crecimiento y dinámica natural y migratoria. *Colorural*, 1–15.
- Las-Heras-Casas, J., López-Ochoa, L. M., López-González, L. M., & Paredes-Sánchez, J. P. (2018). A tool for verifying energy performance certificates and improving the knowledge of the residential sector: A case study of the Autonomous Community of Aragón (Spain). *Sustainable Cities and Society*, 41(April), 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.05.016>
- Li, W., Sun, S., & Li, H. (2015). Decomposing the decoupling relationship between energy-related CO2 emissions and economic growth in China. *Natural Hazards*, 79(2), 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1887-3>
- López-González, L. M., López-Ochoa, L. M., Las-Heras-Casas, J., & García-Lozano, C. (2018). Final and primary energy consumption of the residential sector in Spain and La Rioja (1991–2013), verifying the degree of compliance with the European 2020 goals by means of energy indicators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(May 2016), 2358–2370. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.044>
- Mendiluce, M. (2007). Cómo afectan los cambios estructurales a la intensidad

- energética de España. *Ekonomiaz*, 65(65), 362.
- Mendiluce, M., Pérez-Arriaga, I., & Ocaña, C. (2010). Comparison of the evolution of energy intensity in Spain and in the EU15. Why is Spain different? *Energy Policy*, 38(1), 639–645. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.069>
- Mendiluce Villanueva, M. (2012). Los determinantes del consumo energético en España: ¿se ha mejorado la eficiencia energética? *Papeles de Economía Española*, 134, 196–210.
- Merini, I., Molina-García, A., Socorro García-Cascales, M., Mahdaoui, M., & Ahachad, M. (2020). Analysis and comparison of energy efficiency code requirements for buildings: A Morocco-Spain case study. *Energies*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/en13225979>
- O' Mahony, T., Zhou, P., & Sweeney, J. (2012). The driving forces of change in energy-related CO₂ emissions in Ireland: A multi-sectoral decomposition from 1990 to 2007. *Energy Policy*, 44, 256–267. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.049>
- ONU. (2015). *Resolución 70/1. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- Reuter, M., Patel, M. K., & Eichhammer, W. (2019). Applying ex post index decomposition analysis to final energy consumption for evaluating European energy efficiency policies and targets. *Energy Efficiency*, 12(5), 1329–1357. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-09772-w>
- Rogan, F., Cahill, C. J., & ÓGallachóir, B. P. (2012). Decomposition analysis of gas consumption in the residential sector in Ireland. *Energy Policy*, 42, 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.10.059>
- Román-Collado, R., & Colinet Carmona, M. J. (2021). Energy efficiency's key role in explaining the performance of energy consumption in Andalusia (Spain). *Environmental Science and Pollution Research*, 2050, 20188–20208. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11829-2>
- Román-Collado, R., & Colinet, M. J. (2017). Is residential Energy consumption a key driver of final Energy consumption changes in Andalusia? *Comercio Internacional y Empleo, XLIII Reun.*

- Román-Collado, R., & Colinet, M. J. (2018a). Are labour productivity and residential living standards drivers of the energy consumption changes? *Energy Economics*, 74(2018), 746–756. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.030>
- Román-Collado, R., & Colinet, M. J. (2018b). Is energy efficiency a driver or an inhibitor of energy consumption changes in Spain? Two decomposition approaches. *Energy Policy*, 115(December 2017), 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.026>
- Sendra, J. J., Domínguez-Amarillo, S., Bustamante, P., & León, A. L. (2013). Energy intervention in the residential sector in the south of Spain: Current challenges. *Informes de La Construcción*, 65(532), 457–464. <https://doi.org/10.3989/ic.13.074>
- Serrano-Puente, D. (2021). Are we moving toward an energy-efficient low-carbon economy? An input–output LMDI decomposition of CO₂ emissions for Spain and the EU28. *Banco de España, Documentos de Trabajo*, 2104. <https://doi.org/10.1007/s13209-020-00227-z>
- Shi, Y., Han, B., Han, L., & Wei, Z. (2019). Uncovering the national and regional household carbon emissions in China using temporal and spatial decomposition analysis models. *Journal of Cleaner Production*, 232, 966–979. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.302>
- Smit, T. A. B., Hu, J., & Harmsen, R. (2014). Unravelling projected energy savings in 2020 of EU Member States using decomposition analyses. *Energy Policy*, 74(C), 271–285. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.030>
- Szép, T. S. (2017). The effects of utility cost reduction on residential energy consumption in Hungary – A decomposition analysis. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 13, 61–78. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2017.13.5>
- Torrie, R. D., Stone, C., & Layzell, D. B. (2016). Understanding energy systems change in Canada: 1. Decomposition of total energy intensity. *Energy Economics*, 56, 101–106. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.03.012>
- Trotta, G. (2020). Assessing energy efficiency improvements and related energy security and climate benefits in Finland: An ex post multi-sectoral decomposition analysis. *Energy Economics*, 86, 104640.

<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104640>

Tzeiranaki, S. T., Bertoldi, P., Diluiso, F., Castellazzi, L., Economidou, M., Labanca, N., Serrenho, T. R., & Zangheri, P. (2019). Analysis of the EU residential energy consumption: Trends and determinants. *Energies*, *12*(6).

<https://doi.org/10.3390/en12061065>

Wang, Z., & Yang, Y. (2016). Features and influencing factors of carbon emissions indicators in the perspective of residential consumption: Evidence from Beijing, China. *Ecological Indicators*, *61*, 634–645.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.015>

Weiner, C., & Szép, T. S. (2021). The residential energy cost reduction programme in Hungary. *Contemporary Europe-Sovremennaya Evropa*, *1*, 86–94.

Xu, X. Y., & Ang, B. W. (2014). Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis. *Applied Energy*, *113*, 342–351.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.07.052>

Xu, X., Zhao, T., Liu, N., & Kang, J. (2014). Changes of energy-related GHG emissions in China: An empirical analysis from sectoral perspective. *Applied Energy*,

132(2014), 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.07.025>

Yeo, Y., Shim, D., Lee, J. D., & Altmann, J. (2015). Driving forces of CO₂missions in emerging countries: LMDI decomposition analysis on China and India's residential sector. *Sustainability (Switzerland)*, *7*(12), 16108–16129.

<https://doi.org/10.3390/su71215805>

Zhang, M., & Bai, C. (2018). Exploring the influencing factors and decoupling state of residential energy consumption in Shandong. *Journal of Cleaner Production*, *194*,

253–262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.122>

Zhao, J., & Liu, Q. (2021). Examining the driving factors of urban residential carbon intensity using the lmdi method: Evidence from china's county-level cities.

International Journal of Environmental Research and Public Health, *18*(8).

<https://doi.org/10.3390/ijerph18083929>

Zhao, X., Li, N., & Ma, C. (2012). Residential energy consumption in urban China: A decomposition analysis. *Energy Policy*, *41*, 644–653.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.027>

ANEXO A

Tabla A.1: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Andalucía

Andalucía	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	1,00	0,95	0,95	0,95	0,86
Y	1,03	1,02	1,04	1,07	1,18
SH	0,99	0,99	1,00	1,00	0,98
H	1,01	1,01	1,00	1,00	1,02
Total	1,03	0,97	0,99	1,02	1,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.2: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Almería

Almería	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	1,05	0,94	0,93	0,92	0,84
Y	1,06	1,02	1,05	1,08	1,23
SH	0,99	0,99	0,99	1,00	0,97
H	1,01	1,01	1,01	1,01	1,04
Total	1,11	0,96	0,98	0,99	1,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.3: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Cádiz

Cádiz	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	0,99	0,92	1,03	0,93	0,86
Y	1,03	1,02	1,04	1,08	1,18
SH	1,00	1,00	0,99	1,00	0,98
H	1,01	1,00	1,01	1,00	1,02
Total	1,01	0,94	1,07	1,00	1,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.4: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Córdoba

Córdoba	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	0,99	0,94	0,95	0,97	0,85
Y	1,02	1,03	1,04	1,06	1,16
SH	0,99	0,99	1,00	1,00	0,98
H	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01
Total	1,01	0,96	0,99	1,02	0,98

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.5: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Granada

Granada	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	0,95	0,95	0,98	0,99	0,87
Y	1,02	1,02	1,03	1,06	1,15
SH	0,99	0,99	1,00	1,00	0,98
H	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01
Total	0,97	0,97	1,01	1,05	1,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.6: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Huelva

Huelva	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	1,00	0,94	0,98	0,94	0,86
Y	1,03	1,02	1,04	1,07	1,17
SH	0,99	1,00	1,00	1,00	0,99
H	1,01	1,00	1,00	1,00	1,01
Total	1,02	0,96	1,02	1,01	1,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.7: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Jaén

Jaén	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	0,92	0,93	0,99	0,96	0,81
Y	1,04	1,05	1,03	1,06	1,18
SH	0,99	0,99	0,99	1,00	0,97
H	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
Total	0,94	0,97	1,01	1,01	0,93

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.8: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Málaga

Málaga	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	0,98	0,94	0,98	0,95	0,86
Y	1,04	1,03	1,05	1,08	1,23
SH	0,99	0,99	1,00	1,01	0,99
H	1,02	1,01	1,00	1,00	1,03
Total	1,02	0,98	1,03	1,04	1,07

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.9: Efectos de la descomposición LDMI I multiplicativo en Sevilla

Sevilla	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2014-2018
ES	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EF	1,11	0,99	0,86	0,94	0,89
Y	1,02	1,01	1,05	1,08	1,16
SH	0,99	0,99	1,00	1,00	0,98
H	1,01	1,01	1,00	1,00	1,02
Total	1,13	1,00	0,90	1,01	1,04

Fuente: elaboración propia.