



**Master Universitario en Economía y Desarrollo**

**Facultad de C. Económicas y Empresariales**

**ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS EN ESPAÑA  
(2000– 2016)**

**SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF THE ELECTRICITY ENERGY  
CONSUMPTION OF PRODUCTIVE SECTORS IN SPAIN (2000-2016)**

Trabajo de Fin de Máster presentado para optar al Título de Máster Universitario en Economía y Desarrollo por Dña. María Isabel Fárez Plasencia, siendo el tutor del mismo la Dra. Dña. Rocío Román Collado

Vº. Bº. del Tutor:

Alumna:

Dra. Dña.

Rocío Román Collado

Dña.

María Isabel Fárez Plasencia

Sevilla, 5 de junio de 2020



**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER CURSO ACADÉMICO [2019-2020]**

**TÍTULO:**

ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS EN ESPAÑA (2000 – 2016)

SPATIAL-TEMPORAL ANALYSIS OF THE ELECTRICITY ENERGY CONSUMPTION OF PRODUCTIVE SECTORS IN SPAIN (2000-2016)

**AUTOR:**

MARIA ISABEL FÁREZ PLASENCIA

**TUTOR ACADÉMICO:**

Dra. Dña. ROCÍO ROMÁN COLLADO

**RESUMEN:**

El cambio climático en las últimas décadas ha provocado cambios significativos en el consumo de energía eléctrica (EE) con marcadas diferencias regionales. El presente trabajo tiene como objetivo analizar las diferencias espacio-temporales en el consumo de EE entre las Comunidades Autónomas (CCAA) y provincias de España entre 2000-2016. La metodología que se utiliza es un análisis de descomposición espacio-temporal mediante el análisis LMDI (ST-LMDI), y se descompone al consumo de EE en 4 factores: intensidad, temperatura, estructura y renta per cápita. Los resultados del análisis espacio-temporal revelan que las diferencias en la estructura productiva e intensidad principalmente contribuyen a que las CCAA y provincias se alejen del promedio regional; mientras que, el efecto temperatura contribuye a reducir las diferencias en el consumo de EE per cápita. Los resultados nos permiten determinar la importancia de establecer medidas de políticas

públicas orientadas a reducir los cambios climáticos y consecuentemente orientadas a la mejora en la eficiencia energética.

**PALABRAS CLAVE:**

Consumo eléctrico, sectores productivos, análisis de descomposición espacio-temporal, temperatura, España.

**ABSTRACT**

Climate change in recent decades has caused significant changes of the electricity energy (EE) consumption with remarkable regional differences. This research aims to analyze the spatio-temporal differences in the EE consumption between the Autonomous Communities (CCAA) and provinces of Spain between 2000-2016. The methodology used is a spatio-temporal decomposition analysis using the LMDI analysis (ST-LMDI) and decomposes the EE consumption into four factors: intensity, temperature, structure and income. The results of the spatio-temporal analysis show that the differences in the productive structure and intensity mainly contribute to the Autonomous Communities and provinces moving away from the regional average; while the temperature effect contributes to reducing the differences of EE consumption per capita. The results allow us to determine the importance of establishing public policy measures aimed at lower climate change and consequently at improving energy efficiency.

**KEYWORDS:**

Electricity consumption, productive sectors, spatio-temporal decomposition analysis, temperature, Spain

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	5
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	11
3. METODOLOGÍA Y DATOS .....	14
3.1. Modelo LMDI Espacio-Temporal .....	14
3.2. Datos .....	19
4. RESULTADOS .....	19
4.1. Análisis temporal del cambio en el consumo de EE de las CCAA entre 2000-2016 19	
4.2. Análisis espacio-temporal de las diferencias de consumo de EE per cápita entre las CCAA y la región de referencia.....	22
4.3. Clasificación de las provincias según las diferencias en el consumo de EE per cápita por efectos de la descomposición.....	26
5. DISCUSIÓN.....	28
6. CONCLUSIONES .....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
ANEXOS.....	42

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica se ha convertido en uno de los principales elementos en las actividades productivas de las economías, constituyéndose en el eje impulsor de su crecimiento y desarrollo económico. Sin embargo, el sector energético también es el que más contribuye en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con aproximadamente el 75% a nivel mundial (IEA, et al., 2019), siendo la principal forma antropogénica por la cual se produce el cambio climático (European Environment Agency, 2017). El cambio climático ha provocado aumentos en las temperaturas, según Luterbacher et al. (2016) las temperaturas de verano de Europa en las últimas décadas fueron las más cálidas durante por lo menos 2000 años, ubicándose fuera del rango de variabilidad natural. Según el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático la temperatura media global de la superficie ha aumentado en 0,85 rango ( 0,65 – 1,06)°C entre 1880 – 2012 y probablemente aumente en 1,5 rango (0,3 – 4,8)°C para finales del siglo XXI (IPCC, 2013). Las previsiones de la European Environment Agency (2017) muestran que el cambio climático provocará cambios en el consumo de energía en Europa que probablemente no suponga una alteración de la demanda total de energía, sino que se esperan cambios estacionales significativos y efectos sobre el mix energético con grandes diferencias regionales.

Sin duda, el cambio climático afecta al consumo de energía eléctrica (EE), en especial a través de un cambio de las temperatura (Climent Diranzo, et al., 2003; Pardo, Meneu, & Valor, 2002; Valor, Meneu, & Caselles, 2001). Este cambio de las temperaturas afecta principalmente al sector residencial, y en menor medida al sector comercial y de servicios dado que una cantidad importante de consumo de energía se utiliza para fines de calefacción y refrigeración (Ang, Wang, & Ma, 2017). El consumo de EE y la temperatura tienen una relación no lineal (Bessec & Fouquau, 2008; Climent Diranzo et al., 2003; Moral-Carcedo & Vicéns-Otero, 2005; Psiloglou, Giannakopoulos, Majithia, & Petrakis, 2009), por lo que se utilizan distintas técnicas para analizar esta relación, la mayoría corrigen la temperatura con grados días de refrigeración (CDD por sus siglas en inglés) y grados días de calefacción

(HDD por sus siglas en inglés) en los análisis cuantitativos.<sup>1</sup> Esta relación no lineal se debe a que el consumo de EE para calefacción crece en invierno cuando la temperatura disminuye; mientras que, el consumo de EE para refrigeración crece para verano cuando la temperatura aumenta.

La mayoría de los estudios existentes que analizan la relación entre el cambio climático y el consumo de EE se centran en un sector en particular, especialmente el sector residencial. Estudios como Dergiades & Tsoulfidis (2008) y Sailor & Pavlova (2003) analizan la demanda de EE del sector residencial ante cambios en la temperatura para Estados Unidos. Dergiades & Tsoulfidis (2008), encuentra que la elasticidad de la demanda eléctrica a corto plazo a la temperatura es menor que la elasticidad a largo plazo; mientras que, Sailor & Pavlova (2003) en su estudio encuentra que un aumento del 20% en los grados días de refrigeración aumenta el consumo de EE residencial entre un 20% – 60%, debido al crecimiento desproporcionado del uso de aire acondicionado. Para el caso de Grecia, Hondroyiannis (2004) en su estudio revela que teniendo en cuenta las condiciones climáticas a largo plazo, la demanda de EE residencial es sensible a los ingresos reales, precios y condiciones climáticas. De Almeida, et al. (2011) en su estudio para 12 países europeos encuentran que la refrigeración, incluyendo refrigeradores y congeladores es el grupo de electrodomésticos con la mayor parte del consumo de EE residencial.

Así también, el cambio climático afecta al consumo de EE de los diferentes sectores productivos, diversos estudios encuentran diferencias sectoriales significativas en la demanda de EE en términos de temperatura. Para el sector residencial, comercial e industrial, Ang et al. (2017) en su estudio para Singapur y Hong Kong determinan que los aumentos del consumo de EE considerando la temperatura serán mayores en el sector residencial, seguido por el sector comercial e industrial. Para el sector residencial y comercial, Zachariadis & Pashourtidou (2007) en su estudio para Chipre encuentra que las fluctuaciones climáticas son la causa más importante de la variación a corto plazo en el consumo de EE; Lam, Wan, & Cheung (2009) para Hong Kong revelan que el consumo de EE en el sector residencial

---

<sup>1</sup> HDD y CDD representan el número de días en que la temperatura está respectivamente por debajo y por encima de los umbrales predeterminados de enfriamiento y calefacción, y en cuántos grados (Moral-Carcedo & Vicéns-Otero, 2005)

aumenta en verano debido al uso del aire acondicionado; mientras que, en el sector comercial también aumenta, pero tiene una temporada más larga en comparación con el sector residencial; Psiloglou, et al. (2009) para el caso de Atenas y Londres, encuentran que la temperatura juega un rol más importante en Atenas, en donde la demanda de EE alcanza un punto máximo en invierno y un segundo punto máximo de consumo en verano, a diferencia de Londres que tiene un solo punto máximo; Hong, Chang, & Lin (2013) y Zhou et al., (2014) para Estados Unidos, analizan el sector residencial y comercial mediante el uso de energía de los edificios destinados a estos sectores, sus resultados indican que el cambio climático tiene un gran impacto en el uso de energía y combustible de los edificios para calefacción y refrigeración.

Por otra parte, estudios analizan el impacto del cambio climático sobre el consumo de EE a nivel regional. Zheng, et al. (2020) para Guagzhou, analiza el efecto del cambio climático en el consumo total de EE y el consumo residencial de EE, sus resultados revelan que en Guagzhou dado el tendencia alcista del calentamiento global, ha aumentado la demanda de refrigeración provocando aumentos en el consumo de EE. Para el caso de Jiangsu en China, Mingyang Zhang et al. (2020) muestran que tanto la mayor demanda de refrigeración en el verano como la mayor demanda de calefacción en el invierno conducen a un mayor consumo de EE. Así también, Ahmed, Muttaqi, & Agalgaonkar (2012) en su estudio establece que la demanda agregada de EE en verano y primavera aumentará debido al cambio climático en el Estado de Nueva Gales del Sur, provocando un aumento de 11,3% en primavera de 2100.

Finalmente, algunos estudios analizan el cambio climático y el consumo de EE de toda la economía de manera agregada, es decir, incluyen todos los sectores y todas las regiones. Para Grecia, Mirasgedis et al. (2006) mediante los datos diarios y mensuales de carga eléctrica, pronostican que la demanda de EE agregada podría verse afectada significativamente por temperaturas más cálidas en el futuro. Para los Países Bajos, Hekkenberg, et al. (2009) encuentran que existe un aumento significativo en la dependencia de la temperatura y la demanda de EE entre 1970-2007, además esta dependencia ha cambiado de negativa a positiva, lo que implica que un aumento de la temperatura conlleva un aumento de la demanda de EE, en lugar de una disminución como se veía históricamente.

Para el caso de Italia, Apadula, et al. (2012) analizan el efecto de las condiciones climáticas sobre la demanda mensual de EE agregada y encuentran que la temperatura es la variable más importante para pronosticar la demanda EE. Tung, et al. (2013) en su estudio para Taiwán encuentra que el aumento de la temperatura aumenta la demanda promedio de EE. Bessec & Fouquau (2008) utiliza los datos mensuales agregados sobre el consumo de EE para 15 países europeos, sus resultados encuentran que el efecto temperatura sobre el consumo es más pronunciado en los países cálidos.

El consumo de EE promedio de la UE-28 ha crecido un 9% desde el 2000, pasando de 94.025 GWh a 102.603 GWh en 2016, con un crecimiento de 2,7% con respecto a 2015 tras 4 años de descensos. Para España el crecimiento en el consumo de EE ha sido aún mayor con un 23% entre 2000 – 2016, llegando a presentar un consumo de EE de 245.769 GWh en 2016, superior a 2015 en 0,5%. A lo largo de este periodo, España registra el doble de consumo de EE que el promedio de la UE-28, situándose dentro de los 5 países miembros con el mayor consumo de EE, sólo por debajo de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia (EUROSTAT, 2020). Bajo este contexto, a pesar de que España ha mejorado su eficiencia energética en un 1,44% anual entre 2000 y 2016 según el índice ODEX<sup>2</sup> y ha logrado un ahorro energético de un 15,8% en 2016, superior a la meta propuesta por la Directiva (2006/32/CE) de 9% para 2016 (IDAE, 2018), no ha sido suficiente para reducir el consumo de EE en términos absolutos.

La revisión de la literatura muestra el interés por la relación existente entre el consumo de EE y la temperatura en España. Se observa que el clima de España presenta grandes fluctuaciones puesto que registra temperaturas inferiores a 0,0°C en áreas de gran altitud en invierno y temperaturas superiores a los 27°C en determinadas áreas en verano (AEMET & IPMA, 2011). Según, AEMET (2019) la temperatura media de verano desde 1971 hasta 2018 ha aumentado en España tanto en frecuencia como en intensidad debido al cambio climático, registrándose temperaturas más altas tanto en valores promedios como en máximas y mínimas, y gran parte de los extremos históricos de temperaturas máximas se han concentrado en el último decenio. En concreto, Pilli-Sihvola, et al. (2010) encuentran que

---

<sup>2</sup> Índice de Eficiencia, según metodología del Proyecto ODYSSEE-MURE.



España incrementará su demanda de EE entre un 2% y un 4% para 2050 proyección realizada con datos de 2007.

En el caso del consumo de EE residencial, Blázquez, Boogen, & Filippini (2013) analiza la demanda residencial de EE para 47 provincias españolas utilizando datos de panel, sus resultados sugieren que un aumento de 1% en el número de días de grado de calefacción aumenta un 0,06% el consumo de electricidad de los hogares; mientras que, un 1% en el número de días de grado de enfriamiento el consumo de EE en los hogares aumenta un 0,02%. En su estudio, Moral-Carcedo & Pérez-García (2015) utilizan datos desglosados por sectores económicos y encuentran que existen diferencias marcadas de los efectos de la temperatura en la demanda de EE entre los sectores, siendo el sector de servicios el más sensible.

A nivel regional, Zarco-Soto, Zarco-Periñán & Sánchez-Durán (2020), calculan el consumo de energía térmica y EE junto con las emisiones de CO<sub>2</sub> en función del clima para 145 ciudades españolas y sus resultados indican que aquellas ciudades con climas extremos presentan un mayor consumo de energía residencial en contraste con aquellas ubicadas en zonas climáticas suaves; el consumo de EE es más importante en ciudades más cálidas dado que se utiliza tanto para el aire acondicionado como para la calefacción. En un estudio, para el caso concreto de la comunidad de Madrid, Izquierdo et al. (2011) encuentran que teniendo en cuenta el consumo total de EE, el aire acondicionado representaba aproximadamente el 6,7% de la demanda total de EE durante el verano.

Así también, otros estudios analizan la relación entre el cambio climático y el consumo de energía agregado para España, por ejemplo, Valor, Meneu & Caselles (2001) estudian la correlación entre la carga de EE agregada y la temperatura en el aire para predecir el consumo de EE, sus resultados revelan que la sensibilidad de la carga eléctrica a la temperatura ha aumentado a lo largo del tiempo, en mayor grado en verano que en invierno. Pardo, Meneu & Valor (2002) utiliza los grados días para predecir el consumo de energía en función de los aumentos de temperatura, mostrando que la carga eléctrica se ve afectada por las temperaturas actuales y pasadas. Así también, Moral-Carcedo & Vicéns-Otero (2005) utilizando los datos agregado diarios para España, encuentran que los aumentos en el consumo de EE con temperaturas altas y bajas son cada vez más pronunciadas debido al mayor uso y la difusión de equipos de calefacción y refrigeración.

El objetivo de este trabajo es analizar cómo han cambiado las diferencias en el consumo de EE de los sectores productivos entre las Comunidades Autónomas (CCAA) y provincias de España entre 2000 y 2016. Para dar respuesta a este objetivo, el estudio aborda las siguientes preguntas de investigación ¿Cuáles son los principales factores impulsores e inhibidores de los cambios en el consumo de EE en las CCAA españolas entre 2000-2016? ¿Cuál es el papel del efecto intensidad, temperatura, estructura y renta per cápita en las diferencias espacio-temporales del consumo de EE entre las CCAA? ¿Cómo se comportan las provincias que integran cada una de las regiones en el consumo de EE? Las respuestas pueden informar a los gobernantes acerca de las medidas más adecuadas sobre el uso de energía y la promoción del ahorro de energía bajo ciertas consideraciones climáticas.

Para dar respuesta a estas preguntas, este estudio utiliza el análisis de descomposición Espacio-Temporal mediante LMDI (ST-LMDI) siguiendo a Ang, Su & Wang, (2016). Este análisis de descomposición permite capturar las diferencias espaciales entre regiones, así como los cambios temporales en regiones individuales de manera simultánea. La novedad de este trabajo reside en el análisis simultáneo espacio-temporal mediante técnicas de descomposición ST-LMDI de los cambios en el consumo de EE per cápita derivado de los sectores productivos para las regiones y las provincias españolas. El análisis a nivel per cápita permite quitar el efecto escala del consumo de electricidad que surgen debido a los diversos tamaños de las regiones y provincias españolas. Mediante este trabajo se pretende llenar este vacío en la literatura para el caso de España. Los resultados de esta investigación permiten extraer conclusiones y recomendaciones de interés no sólo para la comunidad académica sino también para los responsables políticos.

El documento está estructurado de la siguiente manera. Después de la introducción, se realiza la revisión de la literatura en la Sección 2. La metodología y base de datos se describe en la Sección 3. Los principales resultados se presentan en la Sección 4. La discusión aparece en la Sección 5. Finalmente, las principales conclusiones y recomendaciones aparecen en la Sección 6.

## 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Este apartado tiene como objetivo analizar la literatura previa relativa a las técnicas de descomposición y su aplicación a las variables energéticas y medioambientales, poniendo especial interés en el análisis espacio-temporal que se aplica en este trabajo.

Las técnicas de descomposición han sido ampliamente utilizadas para analizar y comprender mejor los sistemas de energía o de emisión (H. Wang, Ang & Su, 2017). Generalmente han sido estudiadas mediante el análisis de descomposición estructural (SDA, por sus siglas en inglés) o por el análisis de descomposición por índices (IDA, por sus siglas en inglés). El IDA a diferencia del SDA requiere de menos datos y se obtiene mucha información de su análisis y tiene dos enfoques de estudios, uno mediante Laspeyres y el más utilizado el Índice de Divisia. El índice de Divisia, se estudia mediante el Índice de Divisia de Media Aritmética (AMDI, por sus siglas en inglés) o por el Índice de Divisia de Media Logarítmica (LMDI, por sus siglas en inglés). Según Ang (2004, 2005), el método LMDI tiene algunas ventajas frente al AMDI: i) proporciona una descomposición completa, es decir sin efectos residuales; ii) es fácil de usar y sus resultados son fáciles de interpretar; iii) existe una relación única entre descomposición multiplicativa y aditiva; iv) el método LMDI multiplicativo supera la propiedad de aditividad; v) es consistente en la agregación a diferentes niveles.

Dada estas ventajas, el método LMDI ha sido ampliamente utilizado. Se encuentran estudios a nivel de país para el caso de China (Wang & Li, 2019; Zhang, et al., 2015), China e India (Wang, Jiang & Zhan, 2019; Wang, Su & Li, 2018), Estados Unidos (Wang & Wang, 2019), Turquía (Karakaya, Bostan & Özçağ, 2019), Camerún (Engo, 2018) y Colombia (Román-Collado, Cansino & Botia, 2018). Así también, se han realizado estudios a nivel de grupos de países, Lima, et al. (2017) realizó un análisis para un conjunto de países desarrollados y emergentes; mientras que, Fernández González, Landajo & Presno (2014), Marrero & Ramos-Real (2008), Pérez-García & Moral Carcedo (2017) y Economidou & Román-Collado (2019) utilizaron el método LMDI para diferentes grupos de países de la Unión Europea.

En España, varios estudios han utilizado el análisis LMDI para distintos fines, por ejemplo Román-Collado & Colinet (2018) utilizan el análisis LMDI para analizar los factores

que explican los cambios en el consumo de energía final. Cansino, Sánchez-Braza & Rodríguez-Arévalo (2015) evalúan la contribución de los impulsores de las emisiones de CO<sub>2</sub> para el período 1995-2009, mediante un enfoque multisectorial. Mendiluce, Pérez-Arriaga & Ocaña (2010) y Mendiluce (2007, 2012) mediante el análisis LMDI determinan los factores que inciden en la eficiencia energética en España. Mientras que, Román-Collado & Colinet (2018b) combinan las metodologías IDA y SDA para analizar el consumo de energía de los sectores productivos y hogares. Otros estudios centran su atención en una determinada región, como el caso de Colinet Carmona & Román-Collado (2016) quienes analizan los cambios en el consumo final de energía en Andalucía entre 2002 – 2013; y, López-González, et al. (2018) evalúa el consumo final de energía, el consumo de energía primaria y la contribución de las energías renovables del sector residencial en la Rioja.

Dado el peso que tienen determinados sectores en la estructura productiva o en el consumo de EE, algunos estudios se centran su análisis en un sector específico, como Arocena, Gómez-Plana & Peña (2016), Boyd & Roop (2004) y Fernández González & Pérez Suárez (2003) quienes analizan los factores del cambio observado en la intensidad energética de las industrias manufactureras españolas; Sobrino & Monzon (2014) y Andrés & Padilla (2015) evalúan los cambios de intensidad energética en el sector de transporte de mercancías por carretas; y, Fernández González & Moreno (2015) analizan los factores impulsores del consumo EE en el sector eléctrico.

Entre los estudios que analizan los cambios en el consumo de energía final o primaria en España, Colinet Carmona & Román Collado (2016) y Román-Collado & Colinet (2018a) encuentran que el factor actividad y la intensidad son los que más contribuyen al aumento en el consumo de energía durante el periodo de expansión económica, mientras que el factor estructura actúa con un factor inhibitor. Sin embargo, Román-Collado & Colinet (2018b) quienes utilizan tanto un análisis IDA y SDA encuentran que la intensidad energética es el principal inhibitor de los cambios en el consumo de energía durante la recesión y expansión económica de España y el factor actividad es el principal factor impulsor.

Los estudios revisados hasta aquí han realizado un análisis de descomposición temporal, es decir, evalúan el comportamiento de una variable de interés a lo largo del tiempo ya sea para un determinado país, región o sector económico. Los estudios que realizan

comparaciones entre países o grupos de países, también realizan un análisis temporal para cada país y luego comparan sus comportamientos a lo largo del tiempo. Sin embargo, Ang, Xu & Su (2015) en su trabajo desarrolla una metodología para el análisis de descomposición espacial, esta metodología permite comparar las diferencias en el consumo de energía o emisiones de CO<sub>2</sub> entre regiones dentro de un país (o entre países con datos armonizados) en un año en particular, por lo que a estos estudios se les conoce como análisis de descomposición espacial estático. Para desarrollar esta metodología, se selecciona o construye una región de referencia con la cual se realiza las comparaciones. Cuando se tienen más de 3 regiones, el modelo de descomposición Espacial – Multirregional es el más utilizado dado que pasa la prueba de circularidad lo que asegura la consistencia de los resultados independientemente del orden en que se organizan las regiones en un grupo de comparación.

Trabajos como los desarrollados por Chen, et al. (2019), Li et al. (2017) y Liu, Ma & Kang (2017) utilizan esta metodología para analizar la intensidad de carbono en China a nivel provincial y regional; y, Román-Collado & Morales-Carrión (2018) analizan las diferencias de las emisiones de CO<sub>2</sub> para países de Latinoamérica. Otros, analizan las diferencias regionales para un sector específico, tal es el caso de los estudios realizados en China para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector de transporte (K. Zhang, Liu & Yao, 2019), en el sector doméstico (Y. Shi, Han, Han & Wei, 2019; Yuan, Rodrigues & Behrens, 2019) y en el sector industrial (Y. Shi, Han, Zafar & Wei, 2019). Para el sector eléctrico, L. Wang, et al. (2020) analizan las diferencias regionales de la intensidad de óxidos de nitrógeno para las 30 provincias chinas. Para estudiar las fuerzas de la diferencia de la intensidad de agua Z. Shi, et al. (2019), Yao, et al. (2019) y C. Zhang, Wu & Yu (2019) realizan un análisis espacial a nivel provincial y regional. Así también, esta metodología ha sido realizada a nivel de ciudades por Y. Wang, Wang & Hang (2016) quienes estudian las diferencias en las emisiones de SO<sub>2</sub> de las ciudades de la región de Jiangsu en China.

Dado el carácter estático de estos estudios, Ang et al. (2016) desarrolla un procedimiento mediante IDA que integra las características tanto de las diferencias espaciales entre regiones como los desarrollos temporales en regiones individuales de manera simultánea. A estos estudios se los conoce como modelo de descomposición espacio-temporal (ST-IDA). Para este análisis al igual que en Ang et al. (2015) se debe seleccionar o

construir una región de referencia, pero además se debe elegir el periodo de tiempo para la región de referencia. La selección o construcción de la región de referencia dependerá en gran medida del número de regiones comparadas y del propósito del estudio.

La mayoría de estudios que han aplicado esta metodología lo han realizado para las provincias y regiones de China para analizar las diferencias regionales en el consumo de agua o electricidad y para las emisiones de CO<sub>2</sub>. Así, J. Wang, Hu & Rodrigues (2018) y Yang, Hou & Yang (2019) utiliza un análisis espacio-temporal para determinar las fuerzas impulsoras de las diferencias regionales de la intensidad de carbono. Song, Zhao & Wang (2019) también analiza la intensidad de carbono utilizando ST-IDA pero incluye un análisis de aglomeración espacial, mediante el cual agrupa a las provincias en regiones; así también, J. Liu, Zhang & Wagner (2018) analiza las fuerzas impulsoras del consumo de energía y de las emisiones de CO<sub>2</sub> para el sector industrial del cemento. Fang, Hao & Hao (2019) utilizó el modelo ST-IDA para descomponer en 4 factores el crecimiento en el consumo de EE entre 1995- 2016. Para evaluar las diferencias regionales en la reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub> Hang, et al. (2019) utiliza el ST-IDA; mientras que Yao, et al. (2019) lo utilizó para analizar la intensidad regional del agua para la zona económica del río Yangtze.

Para el caso de España, la revisión de la literatura muestra que no hay estudios previos con este enfoque espacio-temporal del consumo de energía eléctrica a nivel regional. En este sentido, el presente trabajo selecciona el modelo ST-LMDI para su análisis, con el cual contribuye a la literatura al incorporar un análisis espacio-temporal para determinar los factores que inciden en las diferencias regionales del consumo de EE per cápita entre 2000 y 2016. Este trabajo incluye el factor climático entre sus factores de descomposición, lo que resulta más interesante dado el impacto que tiene el clima en el consumo de EE.

### **3. METODOLOGÍA Y DATOS**

#### **3.1. Modelo LMDI Espacio-Temporal**

Siguiendo a Ang et al. (2016), se realiza la descomposición espacio-temporal del consumo total de EE per cápita de  $k$  provincias para el periodo 2000 – 2016.

El consumo de EE per cápita correspondiente a los sectores productivos de cada provincia española se descompone en 4 factores basados en la siguiente identidad:

$$EEpc^{kt} = \frac{EE^{kt}}{p^{kt}} = \sum_i \frac{EE_i^{kt}}{p^{kt}} = \sum_i \frac{\frac{EE_i^{kt}}{h^{kt}}}{\frac{H^{kt}}{VAB_i^{kt}}} \cdot \frac{h^{kt}}{H^{kt}} \cdot \frac{VAB_i^{kt}}{VAB^{kt}} \cdot \frac{VAB^{kt}}{p^{kt}} = \sum_i \frac{EE_{i\_ref}^{kt}}{VAB_i^{kt}} \cdot \frac{h^{kt}}{H^{kt}} \cdot \frac{VAB_i^{kt}}{VAB^{kt}} \cdot \frac{VAB^{kt}}{p^{kt}} \quad (1)$$

Donde,  $k=1,2,3,\dots,50$ , representan las 50 provincias españolas, excepto Ceuta y Melilla;  $i=1,\dots,n$ , representan los sectores productivos analizados, en concreto, los sectores primario, industrias manufactureras, industrias no manufactureras, construcción, actividades financieras, administración pública y comercio.

$EEpc^{kt}$  es el consumo de energía eléctrica per cápita de la provincia  $k$  en el año  $t$ ,  $EE^{kt}$  es el consumo de energía eléctrica de la provincia  $k$  en el año  $t$ ,  $EE_i^{kt}$  es el consumo de EE en la provincia  $k$  en el sector  $i$  en el año  $t$ ,  $h$  es el cómputo total de días con temperaturas inferiores a  $0^\circ\text{C}$  y superiores a  $30^\circ\text{C}$  en la provincia  $k$  en el año  $t$ ,  $H$  es el promedio de días con temperaturas inferiores a  $0^\circ\text{C}$  y superiores a  $30^\circ\text{C}$  de todo el periodo (2000-2016) en la provincia  $k$ ,  $VAB_i^{kt}$  es el Valor Agregado Bruto del sector  $i$  en la provincia  $k$  en el año  $t$ ,  $VAB^{kt}$  es el Valor Agregado Bruto total de la provincia  $k$  en el año  $t$  y  $P^{kt}$  es la población total de la provincia  $k$  en el año  $t$ . La expresión  $EE_{i\_ref}^{kt}$  representa los requerimientos de consumo de energía eléctrica del sector  $i$  de la provincia  $k$ , debido exclusivamente a la actividad productiva, al descontarse los cambios en el consumo de energía eléctrica debidos al efecto de las temperaturas, mediante la corrección climática (Economidou & Román-Collado, 2019; Tsemekidi-Tzeiranaki et al., 2019).

Para la corrección climática se han utilizado dos parámetros climáticos “Número de días mes con temperaturas superiores a  $30^\circ\text{C}$ ” y “Número de días mes con temperaturas inferiores  $0^\circ\text{C}$ ”. Ambos parámetros climáticos determinan los días que superan los umbrales de temperatura, inferior y superior, para el clima mediterráneo, según lo establecido por la World Meteorological Organization (2004) y son utilizados en las estadísticas de las principales agencias meteorológicas para caracterizar el año climático, caso de la *National Oceanic and Atmospheric Administration*, NOAA en Estados Unidos y de AEMET en España.

A partir de la ecuación (1) podemos expresar el consumo de EE per cápita de cada provincia en los siguientes factores: intensidad energética ( $I^{kt}$ ), temperatura ( $T^{kt}$ ), estructura ( $S^{kt}$ ), y renta per cápita ( $Y^{kt}$ ) tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$EEpc^{kt} = I^{kt} \cdot T^{kt} \cdot S^{kt} \cdot Y^{kt} \quad (2)$$

Mediante el modelo ST-LMDI podemos comparar el comportamiento del consumo de EE per cápita de las distintas provincias españolas con una región de referencia a lo largo de un periodo considerado.

En primer lugar, siguiendo a Ang et al. (2016, 2015) la región de referencia se ha construido, calculando para cada variable la media aritmética de todas las provincias españolas en el último año del periodo de análisis considerado, esto permite analizar cómo se encuentran las provincias españolas con respecto a la última situación. Por lo tanto, la factorización del consumo de EE per cápita para la provincia de referencia ( $\mu$ ) es:

$$EEpc^{\mu} = \frac{EE^{\mu}}{P^{\mu}} = \sum_i \frac{EE_i^{\mu}}{P^{\mu}} = \sum_i \frac{\frac{EE_i^{\mu}}{h^{\mu}}}{\frac{H^{\mu}}{VAB_i^{\mu}}} \cdot \frac{h^{\mu}}{H^{\mu}} \cdot \frac{VAB_i^{\mu}}{VAB^{\mu}} \cdot \frac{VAB^{\mu}}{P^{\mu}} = \sum_i \frac{EE_{i\_ref}^{\mu}}{VAB_i^{\mu}} \cdot \frac{h^{\mu}}{H^{\mu}} \cdot \frac{VAB_i^{\mu}}{VAB^{\mu}} \cdot \frac{VAB^{\mu}}{P^{\mu}} \quad (3)$$

$$EEpc^{\mu} = I^{\mu} \cdot T^{\mu} \cdot S^{\mu} \cdot Y^{\mu} \quad (4)$$

Siendo  $I^{\mu}$  intensidad energética,  $T^{\mu}$  temperatura,  $S^{\mu}$  estructura,  $Y^{\mu}$  renta per cápita de la provincia de referencia.

Siguiendo a Ang et al., (2015), la diferencia entre el consumo de EE per cápita de la provincia k y la provincia de referencia ( $u$ ) para un periodo en particular se puede expresar aplicando el método espacial LMDI-I multiplicativo ( $DEE$ ) de la siguiente forma:



$$DEE^{kt-\mu} = \frac{EEpc^{k,t}}{EEpc^u} = D_I^{kt,u} \cdot D_T^{kt,u} \cdot D_S^{kt,u} \cdot D_Y^{kt,u} \quad (5)$$

Donde  $D_I^{kt,u}, D_T^{kt,u}, D_S^{kt,u}, D_Y^{kt,u}$  representan el efecto intensidad, temperatura, estructura y renta respectivamente y se definen como sigue:

a)  $D_I^{kt,u}$ : Efecto Intensidad. Explica qué parte de la diferencia entre el consumo de EE per cápita de la provincia k en el año t y la provincia de referencia se debe a la distinta eficiencia energética de ambas provincias. Dado que al consumo de EE se le ha quitado el efecto del clima, por lo tanto, la intensidad en el uso de EE es exclusivo de la actividad productiva.

b)  $D_T^{kt,u}$ : Efecto temperatura. Explica qué parte de la diferencia entre el consumo de EE per cápita de la provincia k en el año t y la provincia de referencia se debe a la distinta temperatura de ambas provincias, considerando días con temperaturas inferiores a 0°C y superiores a 30°C.

c)  $D_S^{kt,u}$ : Efecto Estructura. Explica qué parte de la diferencia entre el consumo de EE per cápita de la provincia k en el año t y la provincia de referencia se debe a la distinta estructura productiva de ambas provincias, es decir las diferencias en el peso relativo de los sectores sobre la producción total.

d)  $D_Y^{kt,u}$ : Efecto Renta. Explica qué parte de la diferencia entre el consumo de EE per cápita de la provincia k en el año t y la provincia de referencia se debe a la distinta renta per cápita de ambas provincias

Cada efecto puede ser calculado como sigue:

$$D_I^{kt,u} = \exp\left(\sum_i^n w_{ik} \cdot \ln\left(\frac{I_i^{kt}}{I_i^u}\right)\right) \quad (6)$$

$$D_T^{kt,u} = \exp\left(\sum_i^n w_{ik} \cdot \ln\left(\frac{T_i^{kt}}{T_i^u}\right)\right) \quad (7)$$

$$D_S^{kt,u} = \exp\left(\sum_i^n w_{ik} \cdot \ln\left(\frac{S_i^{kt}}{S_i^u}\right)\right) \quad (8)$$

$$D_Y^{kt,u} = \exp\left(\sum_i^n w_{ik} \cdot \ln\left(\frac{Y_i^{kt}}{Y_i^u}\right)\right) \quad (9)$$

El factor de ponderación  $w_{ik}$  es el promedio logarítmico del consumo de EE per cápita del sector  $i$  entre la provincia  $k$  y la provincia de referencia, con respecto al promedio logarítmico del total de consumo de EE per cápita entre la provincia  $k$  y la provincia de referencia. El factor de ponderación se calcula mediante:

$$w_{ik} = \frac{\frac{\frac{EE_i^{kt}}{P^t} - \frac{EE_i^\mu}{P^\mu}}{\ln(\frac{EE_i^{kt}}{P^t}) - \ln(\frac{EE_i^\mu}{P^\mu})}}{\frac{EEpc^{kt} - EEpc^\mu}{\ln(EEpc^{kt}) - \ln(EEpc^\mu)}} \quad (10)$$

El método LMDI espacio-temporal (ST-LMDI) permite hacer comparaciones temporales de manera indirecta mediante el análisis espacial anterior. De acuerdo a Ang et al. (2016) el cambio en las diferencias entre el consumo de EE per cápita de una provincia  $k$  entre el año  $t-1$  y el año  $t$  ( $SEE$ ), se determina de la siguiente forma:

$$SEE^{kt-k(t-1)} = \frac{DEE^{kt-\mu}}{DEE^{k(t-1)-\mu}} = \frac{D_I^{kt,u}}{D_I^{k(t-1),u}} \cdot \frac{D_T^{kt,u}}{D_T^{k(t-1),u}} \cdot \frac{D_S^{kt,u}}{D_S^{k(t-1),u}} \cdot \frac{D_Y^{kt,u}}{D_Y^{k(t-1),u}} = S_I^{kt-k(t-1)} \cdot S_T^{kt-k(t-1)} \cdot S_S^{kt-k(t-1)} \cdot S_Y^{kt-k(t-1)} \quad (11)$$

Mediante la ecuación (11) se determina las diferencias de comportamiento del consumo de EE per cápita de cada provincia respecto a la región de referencia a lo largo del tiempo, pudiéndose explicar por las diferencias en los efectos intensidad, temperatura, estructura y renta.

Así también, el presente estudio incorpora un análisis de descomposición espacio-temporal a nivel regional, agrupando a las provincias en las 17 Comunidades Autónomas (CCAA) de España, excepto Ceuta y Melilla, siguiéndose el mismo procedimiento anterior que en el caso del análisis por provincias. Este análisis por CCAA permite identificar las diferencias existentes entre el consumo de EE per cápita de las distintas CCAA españolas y la región de referencia, pudiéndose explicar dichas diferencias por los distintos efectos incorporados en el análisis, esto es, intensidad, temperatura, estructura y renta. La región de referencia se construye mediante la media aritmética de todas las CCAA españolas para cada una de las variables analizadas en el último año. Esto proporciona, para la región de referencia en el año 2016, un consumo promedio per cápita de EE de los sectores productivos de 3,55 MWh.

### **3.2. Datos**

El presente trabajo recoge información de las principales instituciones públicas de España. Los datos del consumo de EE medido en Megavatios-hora (MWh) por sectores y a nivel de provincia se tomaron de las Estadísticas y Balances Energéticos de la Secretaria de Estado de Energía del Gobierno de España (Secretaria de Estado de Energía, 2019). Los datos de VAB sectorial a precios constantes con año de referencia del 2010 expresados en miles de euros, proceden de la serie estadística del VAB sectorial a precios corrientes y de los índices de volumen encadenados disponibles en el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2019b). La serie de datos de la población a nivel provincial se obtuvieron también del INE (INE, 2019a). La información sobre los días con temperaturas inferiores a 0°C y superiores a 30°C a nivel provincial fueron proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

El análisis de este estudio comprende el periodo 2000 – 2016, años para los cuales se tiene información para todas las variables consideradas en el estudio.

## **4. RESULTADOS**

El método de análisis de espacio-temporal LMDI-I ha permitido analizar los cambios en las diferencias del consumo de EE per cápita de los sectores productivos tanto de las Comunidades Autónomas (CCAA) españolas como de las provincias españolas y determinar los efectos explicativos claves de los cambios experimentados a lo largo del periodo 2000-2016.

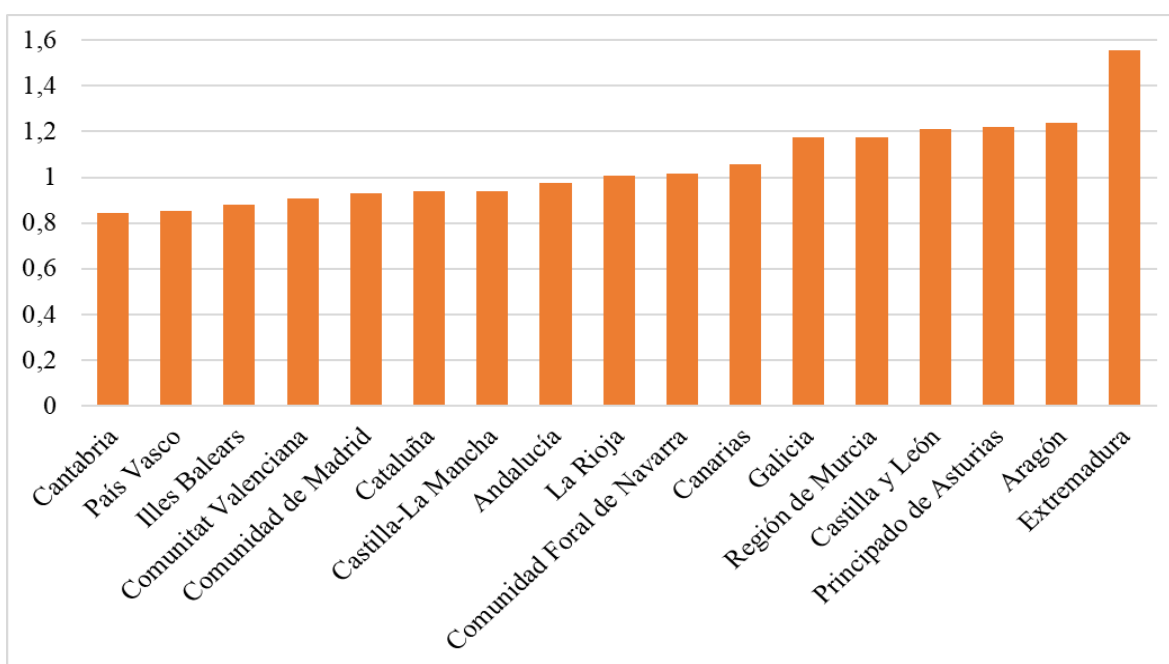
### **4.1. Análisis temporal del cambio en el consumo de EE de las CCAA entre 2000-2016**

El análisis de los cambios del consumo de EE per cápita de las CCAA a lo largo de 2000-2016 (Figura 1), revela que Cantabria, País Vasco, Islas Baleares, Comunidad Valenciana, Comunidad de Madrid, Cataluña, Castilla-La Mancha y Andalucía han reducido el consumo de EE per cápita entre un 2 % y 16%. Siendo Cantabria la CCAA que más ha reducido significativamente su consumo de EE per cápita (16%), mostrando una disminución interanual promedio de aproximadamente un 1% a lo largo del periodo (ver Tabla A1 en anexo). El País Vasco y las Islas Baleares han reducido el consumo de electricidad per cápita

en un 14% y 12%, respectivamente. Las demás CCAA reducen su consumo de EE per cápita entre un 2% y 9%.

En contraste, 9 CCAA han aumentado su consumo de electricidad per cápita entre 2000 y 2016. En concreto, Extremadura un 55% con una variación interanual de un 3%. Aragón, Principado de Asturias, Castilla y León, Región de Murcia y Galicia aumentaron entre un 17% y 24%; mientras que, Canarias, Comunidad Foral de Navarra y La Rioja experimentan aumentos por debajo del 6%.

Figura 1. Cambio en el consumo de EE per cápita de las CCAA entre 2000-2016



Fuente: Elaboración propia

Los factores de la descomposición nos permiten identificar los efectos claves de los cambios en el consumo de electricidad per cápita que perciben las CCAA durante el periodo 2000-2016 (ver Tabla A2 en anexo). En general, se observa que en la mayoría de las CCAA los efectos intensidad y estructura actúan como inhibidores, favoreciendo que el consumo de EE per cápita disminuya en el tiempo; mientras que, los efectos temperatura y renta per cápita actúan como drivers o impulsores, permitiendo el incremento del consumo de EE per cápita.

En particular, el efecto intensidad actúa como un inhibidor en la mayoría de CCAA (11 CCAA), destaca Canarias donde el efecto intensidad reduce el consumo de EE per cápita en un 65%. El efecto estructura ha permitido reducir el consumo de EE per cápita en 9 CCAA,

actuando como un inhibidor del consumo de EE per cápita, en concreto para el caso del País Vasco y Cataluña ha permitido una reducción de un 21% y 14%. Por su parte, el efecto temperatura actúa como un driver favoreciendo el aumento del consumo de EE per cápita en 9 CCAA, principalmente en Canarias, en donde este efecto aumenta en un 183% el consumo de EE per cápita. Finalmente, el efecto renta per cápita ha contribuido a aumentar el consumo de EE per cápita en todas las CCAA, excepto en Islas Baleares. En especial, en Extremadura, País Vasco y Galicia ha contribuido con un aumento por encima de un 23% en el consumo de EE per cápita.

Además, los resultados del subperiodo 2000 – 2008 indican que todas las CCAA aumentaron el consumo de EE per cápita (ver Tabla A3 en anexos). Siendo, Extremadura quien presenta un aumento del 71%, mientras que, Principados de Asturias, Aragón, Galicia, Canarias y Castilla y León registraron un aumento entre un 27% y 43%. El resto de CCAA registran aumentos por debajo del 25%. En cuanto al subperiodo 2008 – 2016, los resultados revelan que todas las CCAA disminuyeron el consumo de EE per cápita, en especial, el País Vasco que disminuyó un 30% (ver Tabla A3 en anexos).

Extremadura es la CCAA que mayores fluctuaciones presenta en los cambios del consumo de EE per cápita entre ambos periodos, pasando de tener un aumento del 71% (1,71) en el periodo de 2000-2008 a registrar una disminución del 9% (0,91) entre 2008-2016, lo que representa una reducción de un 47% de la diferencia del consumo de EE per cápita entre ambos periodos. También destacan Canarias y País Vasco con una reducción de 46% y 43% respectivamente en el consumo de EE per cápita. Las demás regiones presentan una contracción entre un 41% y un 24%.

En cuanto a los efectos de la descomposición (ver Tabla A3 en anexo), los resultados indican que los efectos intensidad y renta per cápita son los que han impulsado el aumento del consumo de EE per cápita en la mayoría de las CCAA durante el periodo de 2000 – 2008, y lo han inhibido durante el periodo 2008-2016. Por su parte, el efecto temperatura actuó en buena parte de las CCAA como un factor inhibidor durante el periodo 2000-2008 e impulsor durante el periodo 2008-2016, principalmente en Canarias. Entre 2000-2008, el efecto estructura contribuyó a inhibir el consumo de EE per cápita en buena parte de las CCAA, mientras que entre 2008-2016 contribuyó a reducirlo en 9 CCAA y aumentarlo en 8 CCAA.

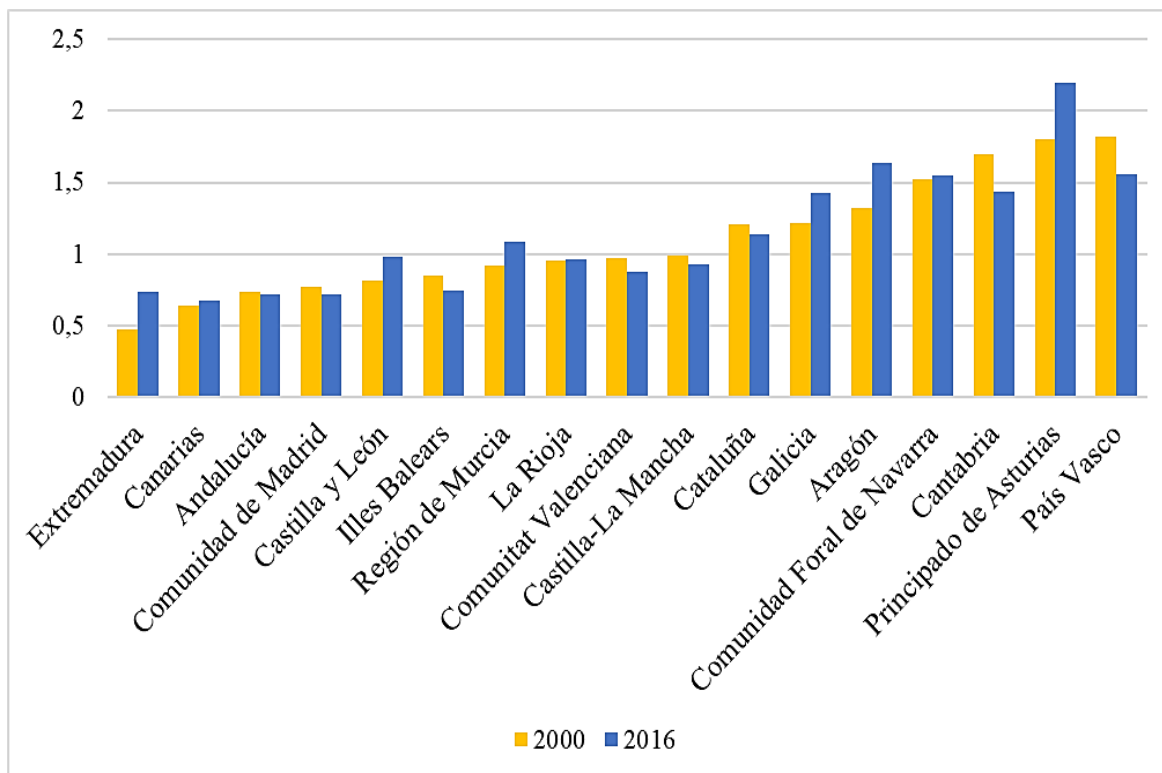
#### **4.2. Análisis espacio-temporal de las diferencias de consumo de EE per cápita entre las CCAA y la región de referencia**

Las diferencias de consumo de EE per cápita de cada CCAA con respecto a la región de referencia al inicio y final del periodo se presentan en la Figura 2. Los resultados del análisis espacio-temporal nos permiten determinar si las CCAA se encuentran por encima o por debajo del promedio regional.

Los resultados de la Figura 2 revelan que para el año 2000, 7 CCAA, es decir, País Vasco, Principados de Asturias, Cantabria, Comunidad Foral de Navarra, Aragón, Cataluña y Galicia, se encuentran por encima del consumo de EE per cápita de la región de referencia, estas CCAA comparten ciertas características como su ubicación geográfica, norte del país, y que económicamente se encuentran mejor posicionadas. Siendo el País Vasco quien tiene la mayor diferencia positiva en el consumo de EE per cápita, con un 82% más que el promedio regional. Por lo contrario, 7 CCAA, concretamente, Extremadura, Canarias, Andalucía, Comunidad de Madrid, Castilla y León, Islas Baleares y la Región de Murcia, quienes se ubican más hacia el sur del país y tienen un mayor peso en el sector de servicios, registran un consumo de EE per cápita inferior a la región de referencia. En el caso de Extremadura y Canarias muestran niveles de consumo de EE per cápita menores en un 52% y 36% respectivamente en relación con la región de referencia. Finalmente, La Rioja, Comunidad Valenciana y Castilla –La Mancha registran un consumo de EE per cápita aproximadamente similar al de la región de referencia (3,55 MWh/habitante).

Para el 2016 el comportamiento que tienen las CCAA es muy similar al observado en el 2000, sólo con pequeños cambios. Así, el número de CCAA con niveles de consumo de EE por encima de la región de referencia aumentó a 8, incorporándose a las anteriores la Región de Murcia. Para este año, el Principado de Asturias y Aragón son las que muestran niveles de consumo de EE per cápita superiores a la región de referencia en un 119% y 63% respectivamente. Por su parte, 7 CCAA presentan niveles de consumo de EE por debajo de la media, siendo Extremadura, al igual que en el año 2000, la que presenta el nivel de consumo de EE más bajo, en concreto, un 27% inferior a la región de referencia. Mientras que, Castilla y León y La Rioja tienen un consumo de EE per cápita similar al promedio regional.

Figura 2. Diferencias de consumo de EE per cápita entre CCAA y la región de referencia en 2000 y 2016



Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de presentar las contribuciones de cada uno de los efectos analizados, esto es, intensidad, temperatura, estructura y renta per cápita en las diferencias del consumo de EE per cápita de las CCAA respecto a la región de referencia, la Figura 3 presenta una clasificación de las CCAA de acuerdo a las diferencias en el consumo para los años 2000, 2008 y 2016. La Figura 3 agrupa a las CCAA en tres terciles, en el primer tercil, se ubican aquellas CCAA cuyo consumo de EE está en el tercil más bajo, esto implica que registran un consumo de EE per cápita por debajo del promedio regional; en el segundo tercil, se ubican aquellas CCAA con un consumo de electricidad aproximadamente similar al promedio regional; y, en el tercer tercil, se ubican aquellas CCAA con un consumo de EE per cápita por encima del promedio regional.

Los resultados para el efecto intensidad (Figura 3a) muestran que las CCAA con una intensidad energética inferior que la región de referencia, principalmente aquellas con un menor peso en el sector industrial y localizadas al sur del país (Canarias, Islas Baleares,

Comunidad de Madrid y Andalucía), se sitúan en el primer tercil en 2016, con un consumo de EE per cápita por debajo del promedio regional. Mientras que, la mayor intensidad energética que tienen la mayoría de CCAA -principalmente aquellas ubicadas al norte del país- en 2000, 2008 y 2016 con respecto a la región de referencia ha provocado que estas CCAA se sitúen en el segundo y tercer tercil. A lo largo del tiempo, cabe destacar el comportamiento que ha tenido el efecto intensidad en Canarias y Andalucía entre 2008 – 2016, en las cuales el efecto intensidad ha pasado de tener un efecto impulsor, incrementando entre un 265% y un 40% el consumo de EE per cápita (situándose en el tercer tercil en 2008), a tener un efecto inhibidor, reduciendo entre un 48% y un 5% el consumo de EE per cápita (situándose en el primer tercil en 2016). Mientras que, en Islas Baleares el efecto intensidad ha pasado de tener un papel inhibidor en 2000 reduciendo el consumo de EE per cápita en un 30% (situando a la CCAA en el primer tercil) a tener un papel impulsor aumentando el consumo de EE per cápita en un 39% en 2008 (ubicado en el segundo tercil).

En cuanto al efecto temperatura (Figura 3b), 7 CCAA han registrado más días de temperaturas extremas que el promedio regional situándose en el tercer tercil en 2016 con una diferencia positiva. Mientras que el menor número días con temperaturas extremas en 2000 y 2008 en relación con el promedio regional ha favorecido a que la mayoría de CCAA registren un consumo de EE per cápita inferior al promedio regional. En especial, en Canarias, el efecto temperatura ha pasado de ser un inhibidor, reduciendo el consumo de EE per cápita en un 43% en 2000 y situando a la CCAA en el primer tercil, a tener un rol impulsor provocando un aumento del consumo de EE per cápita de un 62% y ubicando a dicha CCAA en el tercer tercil en 2016, siendo la CCAA más negativamente afectada por los cambios en la temperatura. Mientras que, en Principado de Asturias, el efecto temperatura ha pasado de tener un papel impulsor, contribuyendo a aumentar el consumo de EE per cápita en un 0,2% y situar a la CCAA por encima del promedio regional en 2000, a tener un papel inhibidor en 2016, favoreciendo a disminuir el consumo de EE per cápita en un 49% .

Respecto al efecto estructura (Figura 3c), se observa que las CCAA de Extremadura, Comunidad de Madrid, Canarias, Andalucía, Islas Baleares, tienen una estructura productiva menos intensiva en energía que la estructura de la región de referencia lo cual contribuye a que estas CCAA registren un consumo de EE per cápita inferior al de la región de referencia



Figura 3. Clasificación de las CCAA por efectos de las diferencias del consumo de electricidad per cápita del 2000, 2008 y 2016 (cambios con respecto a la región de referencia)



Nota: a) Efecto Intensidad, b) Efecto Temperatura, c) Efecto Estructura, d) Efecto Renta per cápita

Fuente: Elaboración propia

en 2000, 2008 y 2016 (ubicándose en el primer tercil). Sin embargo, a pesar de que Extremadura tiene una estructura menos intensiva en energía que el promedio regional en los tres años, con el paso del tiempo la estructura productiva ha cambiado reduciendo las diferencias negativas en el consumo de EE per cápita respecto a la región de referencia. Por lo contrario, en el caso de las CCAA de La Rioja, Aragón, Principado de Asturias, Comunidad Foral de Navarra, su estructura productiva más intensiva en energía que la estructura del promedio regional ha contribuido a que estas CCAA se ubiquen por encima del promedio regional en 2000, 2008 y 2016 (ubicándose en el tercer tercil). Por su parte, el País Vasco ha experimentado cambios en su estructura productiva a lo largo del periodo, lo que ha provocado que las diferencias positivas en el consumo de EE con respecto a la región de referencia hayan disminuido pasando del tercer tercil (1,33) en 2000 al segundo tercil (1,06) en 2016.

Finalmente, los resultados del efecto renta per cápita (Figura 3d) indican que la mayoría de CCAA registran un menor nivel de renta per cápita que la región de referencia, disminuyendo el consumo de EE per cápita entre un 3% y un 44% aproximadamente; y situando a la mayoría de CCAA por debajo del promedio regional en 2000, 2008 y 2016. Para el caso de concreto de Extremadura, Andalucía y Castilla La Mancha (ubicados en el primer tercil) el efecto renta per cápita ha contribuido a que su consumo de EE per cápita se encuentre por debajo del promedio regional entre un 16% y un 44% en todo el periodo. Por lo contrario, en País Vasco, Comunidad de Madrid, Islas Baleares, Cataluña, Comunidad Foral de Navarra y La Rioja el efecto renta ha contribuido a aumentar el consumo de EE per cápita entre un 4% y 34%, situándolas por encima del promedio regional a lo largo del tiempo.

#### **4.3. Clasificación de las provincias según las diferencias en el consumo de EE per cápita por efectos de la descomposición**

En este apartado se realiza una clasificación del grupo de provincias según los efectos de descomposición con lo cual se podrá determinar las contribuciones a las diferencias provinciales que surgen de las disparidades en la intensidad, temperatura, estructura productiva y renta per cápita entre las provincias y el promedio provincial, en donde tener un

menor número indica que ese factor contribuye a que la provincia se encuentre por debajo del promedio provincial.

Para el 2000 (ver Tabla A4 en anexo), la provincia de Cáceres, de la CCAA de Extremadura, se ubica en el puesto número 1 en la clasificación provincial según el efecto total, lo que indica que tiene el menor consumo de EE per cápita en comparación con el promedio provincial; mientras que, Badajoz también de Extremadura tiene un consumo de EE per cápita muy similar al promedio provincial, ubicándose en el puesto número 19. Debido a este comportamiento, la CCAA de Extremadura se ubicó en el puesto número 1 en la clasificación del grupo de CCAA según el efecto total. Para el caso de Cáceres, el menor nivel de renta y una estructura productiva menos intensiva en energía que el promedio regional han contribuido a que el consumo de EE per cápita se encuentre por debajo de la provincia de referencia; mientras que, el mayor número de días con temperaturas extremas que el promedio ha contribuido a que su consumo de EE per cápita sea superior al promedio provincial.

Por otro lado, la provincia de Lugo de la CCAA de Galicia se ubica en el último lugar en la clasificación provincial del efecto total en 2000, siendo el efecto intensidad y temperatura quienes contribuyeron a que el consumo de EE per cápita se encuentre por encima del promedio provincial; mientras que, dentro de esta misma CCAA la provincia de Ourense ocupa el segundo lugar en la clasificación provincial según el efecto total, esto ha provocado que la CCAA de Galicia se ubique en el puesto número 12 en la clasificación por CCAA.

En el 2008 (ver Tabla A5 en anexo), al igual que en el año 2000 la provincia de Cáceres se ubica en el puesto número 1 en la clasificación provincial del efecto total. Siendo el efecto renta per cápita y estructura quienes más han contribuido a que el consumo de EE per cápita se encuentre por debajo del promedio regional; mientras que la intensidad y la temperatura ha tenido un comportamiento similar al de la provincia de referencia ubicándose en ambos casos en el puesto número 21. Por el contrario, la provincia de Lugo, de la CCAA de Galicia se ubicó en el puesto 50, principalmente debido al efecto intensidad y temperatura quienes contribuyeron en mayor medida a que el consumo de EE per cápita se encuentre por encima de la provincia de referencia; mientras que la provincia de Ourense continúa siendo una de

las provincias con un consumo inferior al promedio provincial ubicándose en el puesto número 5.

Para el 2016 (ver Tabla A6 en anexo), en cuanto al efecto total, la provincia de Málaga de la CCAA de Andalucía se ubicó en el puesto número 1 en la clasificación provincial, lo que indica que es la provincia que tiene el menor consumo de EE per cápita respecto a la provincia de referencia. Siendo el efecto estructura, temperatura y renta per cápita quienes más contribuyeron a que el consumo de EE per cápita se encuentre por debajo del promedio provincial. Así, la CCAA de Andalucía se ubica en el puesto número 2 en la clasificación según el efecto total, dado que 7 de sus 8 provincias tienen un consumo por debajo o similar al consumo de EE per cápita de la región de referencia. Mientras que, la provincia de Lugo, de la CCAA de Galicia, al igual que en los años anteriores, se ubicó en el último lugar en la clasificación provincial del efecto total, siendo el efecto intensidad quien más contribuyó a que el consumo de EE per cápita se encuentre por encima de la provincia de referencia.

## **5. DISCUSIÓN**

Los cambios en la temperatura, experimentados en los últimos años como consecuencia del calentamiento global han provocado variaciones en los niveles de consumo de EE no sólo en los hogares sino también en los sectores productivos. Xu & Ang (2014) encuentran que tanto el sector residencial como el comercial e industrial aumentan la demanda de electricidad por alteraciones en la temperatura.

La incorporación en el análisis del consumo de EE per cápita de los sectores productivos entre 2000 y 2016 del efecto temperatura junto con el resto de factores más tradicionales (intensidad, estructura y renta) muestra que la temperatura ha reducido entre un 1% y un 49% aproximadamente el consumo de energía per cápita en 8 de las 17 CCAA (Asturias, La Rioja, Islas Baleares, Cantabria, Cataluña, Castilla La Mancha, Madrid y Extremadura). Por su parte, ha incrementado entre un 184% y un 22% el consumo de EE per cápita del resto de CCAA. En particular este efecto es significativo en cuanto al incremento del consumo de EE per cápita en las CCAA más al sur (Andalucía y Canarias), las mediterráneas (Murcia y Comunidad Valenciana), las interiores con clima más continental (Castilla y Leon, Aragón y Navarra) siendo únicamente el País Vasco y Galicia las CCAA

situadas en el norte. Este dato es significativo puesto que muestra una importancia relativa notable respecto al resto de efectos explicativos, así como una alta variabilidad.

Llama la atención el caso de Extremadura que experimentó el mayor aumento en el consumo de EE per cápita entre 2000-2016 (55%). De acuerdo a los resultados de descomposición de este estudio, el efecto renta ha contribuido a que el consumo de EE per cápita aumente en un 23% en ese periodo, siendo el principal factor impulsor del aumento en el consumo de EE per cápita, seguido del efecto estructura (15%) y efecto intensidad (11%). Mientras que el efecto temperatura contribuye a reducir el consumo de EE per cápita en un 1% en ese periodo. En concreto, esta CCAA registró un crecimiento medio anual de 3,3% del PIB entre 2000 – 2017, lo que se refleja en un crecimiento en la renta per cápita en un 3,2%, en ese periodo (Romero Paniagua et al., 2019). Resultado acorde a lo encontrado por Pérez-García & Moral Carcedo (2017), en su estudio el crecimiento económico fue el principal impulsor de demanda eléctrica en España entre (1990 – 2012).

El caso opuesto es el País Vasco, que experimenta una reducción del 14% en el consumo de EE per cápita en el periodo de 2000 – 2016. Los principales inhibidores del consumo de EE per cápita son el efecto estructura (21%) y efecto intensidad (20%), mientras que, el efecto renta (23%) y temperatura (9%) actúan como impulsores del consumo de EE per cápita. En primer lugar, estos resultados muestran un cambio en la estructura productiva de la economía Vasca menos intensiva en energía eléctrica, lo cual viene reflejado en la pérdida de peso relativo de la industria sobre el PIB en los últimos años, situándose en un 21,8% del total para 2016 (Instituto Vasco de Estadística, 2018). En segundo lugar, el País Vasco presenta para el 2011 una mejora en eficiencia energética de un 85% con respecto a 2000, siendo mejor incluso que la mayoría de países de la UE (Institución de Ararteko, 2018). Ambos resultados respaldan que tanto el efecto estructura e intensidad contribuyan a disminuir el consumo de EE per cápita, estos resultados están en línea con Pérez-García & Moral Carcedo (2017) y Red Eléctrica de España (2019). En cambio, las tasas positivas de crecimiento del PIB desde 2014, que se reflejan en los mayores niveles de renta per cápita y los cambios de la temperatura media del País Vasco entre 2000 - 2014 muy superior a la registrada en el periodo de 1971-2000 (Gobierno Vasco, 2015), explican el impulso de los efectos renta y temperatura sobre el consumo de EE per cápita.

Aun cuando el País Vasco ha disminuido su consumo de electricidad entre 2000 – 2016, es una de las CCAA que tienen un consumo de EE per cápita superior al promedio regional en 2000 y 2016, con un 82% y 56%. El análisis de las diferencias de consumo de EE per cápita muestra que el País Vasco, Cantabria, Principado de Asturias, Comunidad Foral de Navarra, Aragón, Galicia y Cataluña se comportan de manera relativamente similar. Estas CCAA comparten ciertas características que las diferencian del promedio regional, en efecto en 2000, 2008 y 2016 tienen un mayor peso del sector industrial manufacturero en el VAB (más intensivo en energía), superior en promedio en 14 puntos porcentuales que la región de referencia. Además, en País Vasco, Comunidad Foral de Navarra y Cataluña el nivel de renta per cápita se encuentra hasta un 31% más alto que el promedio regional. Así, el efecto intensidad y estructura principalmente contribuyen a que estas CCAA se ubiquen por encima del promedio regional; mientras que, el efecto renta ha permitido reducir el consumo de EE per cápita (excepto País Vasco, Comunidad Foral de Navarra y Cataluña) pero con el paso del tiempo ha disminuido su contribución, así ha pasado de disminuir el consumo de EE hasta un 28% en 2000 a un 10% en 2016. Es interesante, el rol que tiene el efecto temperatura en estas CCAA, que ha contribuido principalmente a disminuir las diferencias regionales con respecto al promedio regional en 2008 y 2016, lo que indica que estas CCAA han presentado un menor número de días con temperaturas extremas en relación con el promedio regional, favoreciendo que las diferencias regionales (positivas) no sean tan altas.

Lo contrario ocurre con Extremadura, Andalucía y Canarias, que durante todo el periodo tienen un consumo de EE per cápita por debajo del promedio regional (entre un 10% y 53% menos), debido principalmente al efecto renta y efecto estructura. Estas CCAA tienen un nivel de renta más bajo que el promedio regional entre un 13% y 46% y un mayor peso en el sector comercial, actividades profesionales y administración pública hasta un 40%. Sin embargo, el efecto intensidad ha contribuido a aumentar el consumo de EE per cápita con respecto a la región de referencia en 2000 y 2008, su rol cambió en 2016 (excepto en Extremadura) contribuyendo también a reducir el consumo de EE hasta un 48%. Según, Colinet Carmona & Román Collado(2016) el efecto intensidad contribuyó a reducir el consumo de energía en 2007 – 2013 en Andalucía, coincidiendo con la incorporación del Plan Andaluz de Energía Sostenible 2007-2013. En cuanto a la temperatura, en el año 2016, ha contribuido a aumentar el consumo de EE per cápita con respecto a la región de referencia,

para Andalucía y Canarias (ubicados en el puesto número 14 y 17, ver Tabla A6, en anexo) lo que evidencia el mayor número de días con temperaturas extremas en estas CCAA en comparación con el promedio regional. El estudio de Bessec & Fouquau (2008)) indica que los aumentos de temperaturas en las zonas más cálidas conducen a un aumento en la demanda eléctrica para refrigeración, respaldando los resultados encontrados.

Cabe destacar el comportamiento de la provincia de Lugo, de la CCAA de Galicia, quien presenta un consumo de EE per cápita superior al promedio provincial, por lo cual se ubica en el último lugar (ver Tabla A4, A5, A6 en anexo) en 2000, 2008, 2016 presentando un consumo superior al promedio en 205%, 271% y 291%, respectivamente, con el paso del tiempo las diferencias positivas han aumentado. Siendo el efecto intensidad el que más contribuyó a que el consumo de EE per cápita se ubique por encima del promedio provincial, aunque con el tiempo ha reducido su contribución (5,01; 4,58; 4,21); en cambio, el efecto estructura ha pasado de ser inhibidor en 2000 (0,90) a convertirse en impulsor en 2016 (1,03) provocando que el consumo de EE per cápita se ubique por encima del promedio provincial. En efecto, esta provincia registra un alto consumo de EE en el sector industrial dado la presencia de industrias con un consumo intensivo de energía como fabricación de aluminio y cemento. Sin embargo, en cuanto al efecto temperatura, el número de días con temperaturas extremas que registra esta provincia son muy similares al promedio regional, por lo que sólo contribuye a aumentar el consumo de EE per cápita un 0.2% entre 2000, 2008 y 2016. En efecto, la temperatura principalmente contribuye a reducir el consumo de EE per cápita con respecto a la provincia de referencia en la mayoría de provincias en 2000, 2008 y 2016. Sólo en este último año, se registran un mayor número de provincias (44%) con más días con temperaturas extremas en relación al promedio provincial.

## **6. CONCLUSIONES**

Este trabajo analiza las diferencias espacio-temporales en el consumo de EE de los sectores productivos entre las CCAA y provincias de España a través del análisis de descomposición espacio-temporal mediante el análisis LMDI (ST-LMDI) durante el periodo 2000 - 2016. Las diferencias regionales se explican por cuatro factores de descomposición, a saber, intensidad, temperatura, estructura y renta per cápita. La región de referencia se

construyó mediante el promedio aritmético de las CCAA y de las provincias en el último año del periodo.

Los resultados nos llevan a concluir que existen marcadas diferencias regionales en el consumo de EE per cápita entre las CCAA y la región de referencia. Además, se encuentran comportamientos similares entre grupos de CCAA, caracterizadas principalmente por sus diferencias en la estructura productiva e intensidad con respecto a la región de referencia. Efectivamente, en las regiones del norte de España como País Vasco, Cantabria, Principados de Asturias, Comunidad Foral de Navarra, Galicia, Aragón y Cataluña su predominancia en el sector industrial exclusivamente en sectores intensivos en energía y su elevado crecimiento económico han contribuido a que el consumo de EE per cápita de estas CCAA se ubiquen por encima del promedio regional en 2000, 2008 y 2016. En estas mismas CCAA, el efecto de la temperatura ha contribuido a reducir las diferencias de consumo de EE per cápita con respecto al promedio regional principalmente en el año 2008 y 2016.

Por otro lado, las CCAA con localización en el sur de España, como Extremadura y Andalucía, así como Canarias, que comparten una estructura productiva menos intensiva en energía y con los menores niveles de renta per cápita muestran un consumo de EE per cápita por debajo de la región de referencia en 2000, 2008 y 2016. Por su parte, el uso menos eficiente de la EE en estas CCAA ha dado lugar a que el consumo de EE per cápita debido al efecto intensidad sea superior al promedio regional en 2000 y 2008. Finalmente, las temperaturas extremas en 2016 explican que el consumo de EE per cápita de estas CCAA sea superior a la región de referencia, lo que ha sido compensado por los otros efectos permitiendo que finalmente estas CCAA se ubiquen por debajo del promedio regional.

Los resultados nos han permitido observar que los cambios extremos de temperatura en España producidos entre 2000 y 2016 han afectado al consumo de EE per cápita de forma notable. Asimismo, se ha observado que en el periodo 2000-2008 el efecto temperatura actuó principalmente como un inhibidor frente al periodo 2008-2016, en el que los cambios de temperatura dieron lugar a que se produjera un aumento de los días de temperatura extrema y por tanto, provocaron que el efecto temperatura actuase como un impulsor del consumo de EE per cápita de las CCAA.



Este incremento de días de temperaturas extremas en el último periodo (2008-2016) muestra un cambio de tendencia, pudiendo estar relacionado con los efectos del cambio climático. Por lo tanto, todas aquellas medidas dirigidas a reducir los efectos del cambio climático, y muy especialmente aquellas como el cese de la generación eléctrica con combustible de carbón, la reducción de consumo de hidrocarburos en el transporte, el incremento del uso de transporte de cero emisiones, así como el eléctrico y de gases renovables, o bien el uso generalizado de energías renovables en los distintos sectores económicos repercutirán en disminuir el consumo de EE per cápita.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo y considerando las diferencias existentes entre las estructuras económicas y nivel de renta de las distintas CCAA y provincias, se considera de interés continuar profundizando en próximos trabajos en el comportamiento de cada uno de los sectores productivos, para establecer recomendaciones de política económica y energética que pudieran estar relacionada con esta diferencia estructural.

### **Agradecimientos**

Quisiera agradecer de manera especial y sincera a la Dra. María José Colinet, quien junto con mi directora la Dra. Rocío Román Collado me han brindado todo su apoyo y ayuda en la realización de este Trabajo de Fin de Máster. Sus amplios conocimientos, rigurosidad y criterios han permitido que este trabajo tenga un desarrollo adecuado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEMET. (2019). Efectos del Cambio Climático en España. Retrieved May 16, 2020, from Gobierno de España website: [http://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos\\_del\\_cambio\\_climatico\\_en\\_espanha](http://www.aemet.es/es/noticias/2019/03/Efectos_del_cambio_climatico_en_espanha)
- AEMET & IPMA. (2011). Atlas climático Ibérico. Temperatura del aire y precipitación (1971-2000). In *Agencia Estatal de Meteorología, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*.
- Ahmed, T., Muttaqi, K. M. & Agalgaonkar, A. P. (2012). Climate change impacts on electricity demand in the State of New South Wales, Australia. *Applied Energy*, 98, 376–383. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.059>
- Andrés, L. & Padilla, E. (2015). Energy intensity in road freight transport of heavy goods vehicles in Spain. *Energy Policy*, 85, 309–321. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.06.018>
- Ang, B. W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*, 32, 1131–1139. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421503000764>
- 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., Su, B., & Wang, H. (2016). A spatial–temporal decomposition approach to performance assessment in energy and emissions. *Energy Economics*, 60, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.08.024>
- Ang, B. W., Wang, H. & Ma, X. (2017). Climatic influence on electricity consumption: The case of Singapore and Hong Kong. *Energy*, 127, 534–543. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.005>
- Ang, B. W., Xu, X. Y. & Su, B. (2015). Multi-country comparisons of energy performance: The index decomposition analysis approach. *Energy Economics*, 47, 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.10.011>
- Apadula, F., Bassini, A., Elli, A. & Scapin, S. (2012). Relationships between meteorological variables and monthly electricity demand. *Applied Energy*, 98, 346–356. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.03.053>
- Arocena, P., Gómez-Plana, A. G. & Peña, S. (2016). A decomposition of the energy intensity change in Spanish Manufacturing. In J. Aparicio, C. A. K. Lovell, & J. T. Pastor (Eds.), *Advances in Efficiency and Productivity* (pp. 365–390). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-48461-7>
- Bessec, M. & Fouquau, J. (2008). The non-linear link between electricity consumption and temperature in Europe: A threshold panel approach. *Energy Economics*, 30(5), 2705–2721. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.02.003>
- Blázquez, L., Boogen, N. & Filippini, M. (2013). Residential electricity demand in Spain:

- New empirical evidence using aggregate data. *Energy Economics*, 36, 648–657. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.11.010>
- Boyd, G. A. & Roop, J. M. (2004). A note on the fisher ideal index decomposition for structural change in energy intensity. *Energy Journal*, 25(1), 87–101. <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol25-No1-5>
- Cansino, J. 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>
- Chen, C., Zhao, T., Yuan, R. & Kong, Y. (2019). A spatial-temporal decomposition analysis of China ' s carbon intensity from the economic perspective. *Journal of Cleaner Production*, 215, 557–569. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.073>
- Climent Diranzo, F. J., Valor i Micó, E., Torró i Enguix, H, & Caselles Miralles, V. (2003). Incidencia de la climatología en el consumo de gas y electricidad en España. *Infraestructuras: Transportes e Industrias de Red*, 808, 55–70.
- 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>
- De Almeida, A., Fonseca, P., Schlomann, B. & Feilberg, N. (2011). Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy savings and specific policy recommendations. *Energy and Buildings*, 43(8), 1884–1894. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.027>
- Dergiades, T. & Tsoulfidis, L. (2008). Estimating residential demand for electricity in the United States, 1965-2006. *Energy Economics*, 30(5), 2722–2730. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.05.005>
- Economidou, M. & Román-Collado, R. (2019). *Assessing the progress towards the EU energy efficiency targets using index decomposition analysis*. <https://doi.org/10.2760/61167>
- Engo, J. (2018). Decomposing the decoupling of CO2 emissions from economic growth in Cameroon. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35451–35463. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3511-z>
- European Environment Agency. (2017). *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. <https://doi.org/10.2800/534806>
- EUROSTAT. (2020). Suministro, Transformación y Consumo de Electricidad. Retrieved from Comisión Europea website: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>
- Fang, D., Hao, P., & Hao, J. (2019). Study of the influence mechanism of China's electricity consumption based on multi-period ST-LMDI model. *Energy*, 170, 730–743. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.212>

- Fernández González, P., Landajo, M. & Presno, M. J. (2014). Multilevel LMDI decomposition of changes in aggregate energy consumption. A cross country analysis in the EU-27. *Energy Policy*, 68(2014), 576–584. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.12.065>
- Fernández González, P. & Moreno, B. (2015). Analyzing driving forces behind changes in energy vulnerability of Spanish electricity generation through a Divisia index-based method. *Energy Conversion and Management*, 92, 459–468. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.12.083>
- Fernández González, P. & Pérez Suárez, R. (2003). Decomposing the variation of aggregate electricity intensity in Spanish industry. *Energy*, 28, 171–184. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(02\)00086-5](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(02)00086-5)
- Gobierno Vasco. (2015). *Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco*.
- Hang, Y., Wang, Q., Wang, Y., Su, B. & Zhou, D. (2019). Industrial SO<sub>2</sub> emissions treatment in China: A temporal-spatial whole process decomposition analysis. *Journal of Environmental Management*, 243(December 2018), 419–434. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.025>
- Hekkenberg, M., Benders, R. M. J., Moll, H. C. & Schoot Uiterkamp, A. J. M. (2009). Indications for a changing electricity demand pattern: The temperature dependence of electricity demand in the Netherlands. *Energy Policy*, 37(4), 1542–1551. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.12.030>
- Hondroyannis, G. (2004). Estimating residential demand for electricity in Greece. *Energy Economics*, 26(3), 319–334. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2004.04.001>
- Hong, T., Chang, W. K. & Lin, H. W. (2013). A fresh look at weather impact on peak electricity demand and energy use of buildings using 30-year actual weather data. *Applied Energy*, 111, 333–350. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.019>
- IDAE. (2018). *Energy efficiency trends and policies in Spain*. (July), 1–87. Retrieved from <http://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-spain.pdf>
- IEA, IRENA, UNSD, WB & WHO. (2019). *Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2019*. Retrieved from <https://trackingsdg7.esmap.org/>
- INE. (2019a). Cifras de Población. Retrieved January 20, 2020, from Instituto Nacional de Estadísticas website: <https://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.htm?padre=1954&capsel=1901>
- INE. (2019b). Contabilidad Regional de España. Retrieved January 10, 2020, from Instituto Nacional de Estadísticas website: [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581#](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581#)
- Institución de Ararteko. (2018). *La transición energética del País Vasco hacia un modelo sostenible*. Vitoria.
- Instituto Vasco de Estadística. (2018). *Panorama de la Industria Vasca 2018*.

- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.Summary>
- Izquierdo, M., Moreno-Rodríguez, A., González-Gil, A. & García-Hernando, N. (2011). Air conditioning in the region of Madrid, Spain: An approach to electricity consumption, economics and CO<sub>2</sub> emissions. *Energy*, 36(3), 1630–1639. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.12.068>
- Karakaya, E., Bostan, A. & Özçağ, M. (2019). Decomposition and decoupling analysis of energy-related carbon emissions in Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 32080–32091. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06359-5>
- Lam, J. C., Wan, K. K. W. & Cheung, K. L. (2009). An analysis of climatic influences on chiller plant electricity consumption. *Applied Energy*, 86(6), 933–940. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.05.016>
- Li, H., Zhao, Y., Qiao, X., Liu, Y., Cao, Y., Li, Y., ... Weng, J. (2017). Identifying the driving forces of national and regional CO<sub>2</sub> emissions in China : Based on temporal and spatial decomposition analysis models. *Energy Economics*, 68, 522–538. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.10.024>
- Lima, F., Lopes, M., Cunha, J. & Lucena, A. F. P. (2017). Driving forces for aggregate energy consumption : A cross-country approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 1033–1050.
- Liu, J., Zhang, S. & Wagner, F. (2018). Exploring the driving forces of energy consumption and environmental pollution in China's cement industry at the provincial level. *Journal of Cleaner Production*, 184, 274–285. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.277>
- Liu, N., Ma, Z. & Kang, J. (2017). A regional analysis of carbon intensities of electricity generation in China. *Energy Economics*, 67, 268–277. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.08.018>
- 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, 2358–2370.
- Luterbacher, J., Werner, J. P., Smerdon, J. E., Fernández-Donado, L., González-Rouco, F. J., Barriopedro, D., ... Zerefos, C. (2016). European summer temperatures since Roman times. *Environmental Research Letters*, 11(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024001>
- Marrero, G. a. & Ramos-Real, F. J. (2008). La intensidad energética en los sectores productivos en la UE-15 durante 1991 y 2005: ¿Es el caso español diferente? *Colección Estudios Económicos*, 8(8).
- 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 Journal*, 38, 639–

645. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.069>

- Mendiluce Villanueva, M. (2007). Cómo afectan los cambios estructurales a la intensidad energética en España. *Ekonomiaz*, 65(2), 362–385.
- Mendiluce Villanueva, M. (2012). Los determinantes del consumo energético en España: ¿se ha mejorado la eficiencia energética? *Papeles de Economía Española*, (134), 196–210.
- Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., Georgopoulou, E., Lalas, D. P., Moschovits, M., Karagiannis, F. & Papakonstantinou, D. (2006). Models for mid-term electricity demand forecasting incorporating weather influences. *Energy*, 31(2–3), 208–227. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2005.02.016>
- Moral-Carcedo, J. & Pérez-García, J. (2015). Temperature effects on firms' electricity demand: An analysis of sectorial differences in Spain. *Applied Energy*, 142, 407–425. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.064>
- Moral-Carcedo, J. & Vicéns-Otero, J. (2005). Modelling the non-linear response of Spanish electricity demand to temperature variations. *Energy Economics*, 27(3), 477–494. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.01.003>
- Pardo, A., Meneu, V. & Valor, E. (2002). Temperature and seasonality influences on Spanish electricity load. *Energy Economics*, 24(1), 55–70. [https://doi.org/10.1016/S0140-9883\(01\)00082-2](https://doi.org/10.1016/S0140-9883(01)00082-2)
- Pérez-García, J. & Moral-Carcedo, J. (2016). Analysis and long term forecasting of electricity demand through a decomposition model: A case study for Spain. *Energy*, 97, 127–143. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.055>
- Pérez-García, J. & Moral Carcedo, J. (2017). Why Electricity Demand Is Highly Income-Elastic in Spain: A Cross-Country Comparison Based on an Index-Decomposition Analysis. *Energies*, 10(347), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en10030347>
- Pilli-Sihvola, K., Aatola, P., Ollikainen, M. & Tuomenvirta, H. (2010). Climate change and electricity consumption-Witnessing increasing or decreasing use and costs? *Energy Policy*, 38(5), 2409–2419. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.12.033>
- Psiloglou, B. E., Giannakopoulos, C., Majithia, S. & Petrakis, M. (2009). Factors affecting electricity demand in Athens, Greece and London, UK: A comparative assessment. *Energy*, 34(11), 1855–1863. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.07.033>
- Red Eléctrica de España. (2019). *Demanda eléctrica y actividad económica: ¿Cambio de paradigma?* Retrieved from [https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/demanda-electrica-actividad-economica\\_0.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/demanda-electrica-actividad-economica_0.pdf)
- Román-Collado, R., Cansino, J. M. & Botia, C. (2018). How far is Colombia from decoupling? Two-level decomposition analysis of energy consumption changes. *Energy*, 148, 687–700. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.141>
- Román-Collado, R. & Colinet, M. J. (2018a). Are labour productivity and residential living standards drivers of the energy consumption changes? *Energy Economics*, 74, 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*, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.026>
- Román-Collado, R. & Morales-Carrión, A. V. (2018). Towards a sustainable growth in Latin America: A multiregional spatial decomposition analysis of the driving forces behind CO2 emissions changes. *Energy Policy*, *115*(November 2017), 273–280. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.019>
- Romero Paniagua, M., Alonso Talón, P., Cabado García, M., Gómez Sánchez, C., Oliveros Navarro, R. & Villagrasa Martínez, R. (2019). *La Economía de la Comunidad Autónoma de Extremadura: Diagnóstico Estratégico*. Barcelona.
- Sailor, D. J. & Pavlova, A. A. (2003). Air conditioning market saturation and long-term response of residential cooling energy demand to climate change. *Energy*, *28*(9), 941–951. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00033-1)
- Secretaría de Estado de Energía. (2019). Estadísticas y Balances Energéticos. Retrieved November 15, 2019, from Gobierno de España website: <https://energia.gob.es/balances/Publicaciones/ElectricasAnuales/Paginas/ElectricasAnuales.aspx>
- 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>
- Shi, Y., Han, B., Zafar, M. W. & Wei, Z. (2019). Uncovering the driving forces of carbon dioxide emissions in Chinese manufacturing industry: An intersectoral analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*, 31434–31448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06303-7>
- Shi, Z., Huang, H., Wu, F., Chiu, Y. & Zhang, C. (2019). The Driving Effect of Spatial Differences of Water Intensity in China. *Natural Resources Research*. <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09602-5>
- Sobrino, N. & Monzon, A. (2014). The impact of the economic crisis and policy actions on GHG emissions from road transport in Spain. *Energy Polic*, *74*, 486–498. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.07.020>
- Song, C., Zhao, T. & Wang, J. (2019). Spatial-temporal analysis of China's regional carbon intensity based on ST-IDA from 2000 to 2015. *Journal of Cleaner Production*, *238*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117874>
- Tsemekidi-Tzeiranaki, S., Labanca, N., Cuniberti, B., Toleikyte, A., Zangheri, P., & Bertoldi, P. (2019). *Analysis of the Annual Reports 2018 under the Energy Efficiency Directive - Summary report*, EUR 29667. <https://doi.org/10.2760/22313>
- Tung, C. P., Tseng, T. C., Huang, A. L., Liu, T. M., & Hu, M. C. (2013). Impact of climate change on Taiwanese power market determined using linear complementarity model.

- Applied Energy*, 102, 432–439. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.07.043>
- Valor, E., Meneu, V. & Caselles, V. (2001). Daily air temperature and electricity load in Spain. *Journal of Applied Meteorology*, 40(8), 1413–1421. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<1413:DATAEL>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<1413:DATAEL>2.0.CO;2)
- Wang, H., Ang, B. W. & Su, B. (2017). Assessing drivers of economy-wide energy use and emissions : IDA versus SDA. *Energy Policy*, 107, 585–599. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.05.034>
- Wang, J., Hu, M. & Rodrigues, J. F. D. (2018). An empirical spatiotemporal decomposition analysis of carbon intensity in China’s industrial sector. *Journal of Cleaner Production*, 195, 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.185>
- Wang, L., Wang, Y., He, H., Lu, Y. & Zhou, Z. (2020). Driving force analysis of the nitrogen oxides intensity related to electricity sector in China based on the LMDI method. *Journal of Cleaner Production*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118364>
- Wang, Q., Jiang, R. & Zhan, L. (2019). Is decoupling economic growth from fuel consumption possible in developing countries? – A comparison of China and India. *Journal of Cleaner Production*, 229, 806–817. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.403>
- Wang, Q., Su, M. & Li, R. (2018). Toward to economic growth without emission growth: The role of urbanization and industrialization in China and India. *Journal of Cleaner Production*, 205, 499–511. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.034>
- Wang, Q. & Wang, S. (2019). Decoupling economic growth from carbon emissions growth in the United States: The role of research and development. *Journal of Cleaner Production*, 234, 702–713. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.174>
- Wang, X. & Li, R. (2019). Is urban economic output decoupling from water use in developing countries?-Empirical analysis of Beijing and Shanghai, China. *Water (Switzerland)*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/w11071335>
- Wang, Y., Wang, Q., & Hang, Y. (2016). Driving Factors of SO<sub>2</sub> Emissions in 13 Cities , Jiangsu , China. *Energy Procedia*, 88, 182–186. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.044>
- World Meteorological Organization. (2004). *HANDBOOK ON CLIMAT AND CLIMAT TEMP REPORTING - WMO/TD N° 1188*.
- 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>
- Yang, M., Hou, Y. & Yang, F. (2019). Study on the Dual Targets of CO<sub>2</sub> Emissions Reductions in China : Decoupling Analysis and Driving Forces Study on the Dual Targets of CO<sub>2</sub> Emissions Reductions in China : Decoupling Analysis and Driving Forces. *Emerging Markets Finance and Trade*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2019.1649652>



- Yao, L., Xu, J., Zhang, L., Pang, Q. & Zhang, C. (2019). Sustainable Computing : Informatics and Systems Temporal-spatial decomposition computing of regional water intensity for Yangtze River Economic Zone in China based on LMDI model. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 21, 119–128. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2018.11.008>
- Yao, L., Zhang, H., Zhang, C. & Zhang, W. (2019). Driving effects of spatial differences of water consumption based on LMDI model construction and data description. *Cluster Computing*, 22(s3), 6315–6334. <https://doi.org/10.1007/s10586-018-2038-x>
- Yuan, R., Rodrigues, J. F. D. & Behrens, P. (2019). Driving forces of household carbon emissions in China : A spatial decomposition analysis. *Journal of Cleaner Production*, 233, 932–945. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.110>
- Zachariadis, T. & Pashourtidou, N. (2007). An empirical analysis of electricity consumption in Cyprus. *Energy Economics*, 29(2), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.05.002>
- Zarco-Soto, I. M., Zarco-Periñán, P. J. & Sánchez-Durán, R. (2020). Influence of climate on energy consumption and CO2 emissions: the case of Spain. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08079-7>
- Zhang, C., Wu, Y. & Yu, Y. (2019). Spatial decomposition analysis of water intensity in China. *Socio-Economic Planning Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2019.01.002>
- Zhang, K., Liu, X. & Yao, J. (2019). Identifying the driving forces of CO2 emissions of China's transport sector from temporal and spatial decomposition perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 17383–17406. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05076-3>
- Zhang, Ming, Song, Y., Su, B. & Sun, X. (2015). Decomposing the decoupling indicator between the economic growth and energy consumption in China. *Energy Efficiency*, 8(6), 1231–1239. <https://doi.org/10.1007/s12053-015-9348-0>
- Zhang, Mingyang, Zhang, K., Hu, W., Zhu, B., Wang, P. & Wei, Y. (2020). Exploring the climatic impacts on residential electricity consumption in Jiangsu, China. *Energy Policy*, 140(111398), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111398>
- Zheng, S., Huang, G., Zhou, X. & Zhu, X. (2020). Climate-change impacts on electricity demands at a metropolitan scale : A case study of Guangzhou , China. *Applied Energy*, 261(114295), 1–15.
- Zhou, Y., Clarke, L., Eom, J., Kyle, P., Patel, P., Kim, S. H., ... Seiple, T. (2014). Modeling the effect of climate change on U.S. state-level buildings energy demands in an integrated assessment framework. *Applied Energy*, 113, 1077–1088. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.034>

## ANEXOS

Tabla A1. Cambio interanual del consumo de EE per cápita (SEE) de las CCAA entre 2000 - 2016

CCAA	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016
Andalucía	0,859	0,987	0,971	1,014	0,937	1,001	1,044	1,010
Aragón	0,883	1,010	1,009	0,998	0,945	1,013	1,046	1,049
Asturias, Principado de	0,916	0,990	1,108	0,968	0,918	1,044	1,052	0,975
Balears, Illes	0,887	0,932	0,975	1,008	0,962	0,987	1,080	0,965
Canarias	0,907	0,860	0,935	1,028	0,979	1,015	1,042	0,971
Cantabria	0,838	1,118	1,092	0,986	0,914	1,005	0,935	0,902
Castilla y León	0,919	0,919	0,956	1,021	0,987	1,016	1,375	0,744
Castilla-La Mancha	0,960	0,898	0,973	1,064	0,900	1,018	0,994	0,969
Cataluña	0,880	0,958	0,981	0,986	0,937	0,992	1,073	0,960
Comunitat Valenciana	0,888	0,955	0,948	1,001	0,985	1,024	1,028	0,977
Extremadura	0,975	0,992	0,934	1,012	0,889	0,958	1,082	1,083
Galicia	0,924	0,978	0,990	1,026	0,959	1,010	0,997	0,999
Madrid, Comunidad de	0,913	0,935	1,018	0,943	0,909	0,973	1,050	0,996
Murcia, Región de	0,896	0,907	0,982	1,023	1,093	1,021	1,060	0,978
Navarra, Comunidad Floral de	0,875	0,971	0,996	0,993	0,971	1,029	0,985	1,021
País Vasco	0,772	1,008	0,975	0,977	0,899	1,083	1,031	0,936
Rioja, La	0,887	0,968	0,922	0,946	1,075	1,035	0,973	1,013

CCAA	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008
Andalucía	0,928	1,024	1,098	1,016	1,005	1,108	1,027	0,975
Aragón	1,094	0,987	1,112	1,007	1,003	1,056	1,029	0,996
Asturias, Principado de	1,086	1,090	1,023	0,871	0,531	2,092	1,010	1,076
Balears, Illes	1,030	0,981	1,045	1,023	0,690	1,517	0,984	0,981
Canarias	1,048	1,002	1,087	1,056	0,993	1,106	1,004	1,053
Cantabria	1,028	0,963	1,071	1,029	0,735	1,372	0,989	0,991
Castilla y León	1,055	1,068	1,065	1,051	1,037	1,013	1,062	1,016
Castilla-La Mancha	1,069	1,010	1,079	1,025	1,095	0,961	0,995	0,955
Cataluña	1,152	1,000	1,029	1,005	0,525	1,957	1,013	0,970
Comunitat Valenciana	1,046	1,023	1,028	1,029	0,728	1,416	1,013	0,940
Extremadura	1,034	1,060	1,105	1,055	1,144	1,063	1,068	1,028
Galicia	1,066	0,958	1,122	1,042	0,662	1,599	1,035	1,011
Madrid, Comunidad de	1,027	1,021	1,040	1,031	0,461	2,275	1,016	1,025
Murcia, Región de	1,053	1,032	1,065	1,005	0,827	1,246	1,035	1,003
Navarra, Comunidad Floral de	1,030	1,078	1,012	1,041	1,029	0,985	1,041	0,977
País Vasco	1,042	1,030	1,020	1,071	0,730	1,404	1,023	1,000
Rioja, La	1,036	1,020	1,047	1,032	0,996	1,011	1,060	1,006

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A2. Cambio en el consumo de EE per cápita entre 2000 - 2016 por efectos de descomposición

CCAA	S <sub>I</sub>	S <sub>T</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>Y</sub>	S <sub>EE</sub>
Balears, Illes	1,144	0,850	0,976	0,927	0,879
Comunitat Valenciana	0,863	1,114	0,942	1,001	0,907
Rioja, La	1,244	0,830	0,969	1,007	1,008
Canarias	0,346	2,836	1,052	1,022	1,055
Murcia, Región de	0,935	1,201	1,007	1,039	1,175
Cantabria	0,986	0,885	0,921	1,051	0,844
Cataluña	1,098	0,886	0,901	1,072	0,940
Andalucía	0,722	1,194	1,043	1,086	0,975
Navarra, Comunidad Floral de	0,946	1,051	0,934	1,096	1,017
Castilla-La Mancha	0,914	0,914	1,003	1,123	0,941
Madrid, Comunidad de	0,914	0,933	0,958	1,139	0,930
Aragón	1,037	1,074	0,963	1,154	1,237
Asturias, Principado de	2,009	0,506	1,037	1,158	1,220
Castilla y León	0,837	1,217	1,002	1,185	1,209
Extremadura	1,108	0,994	1,151	1,227	1,555
País Vasco	0,803	1,090	0,791	1,234	0,855
Galicia	0,779	1,191	1,004	1,259	1,173

Nota: S<sub>I</sub>=efectos intensidad; S<sub>T</sub>= efecto temperatura; S<sub>S</sub>= efecto estructura; S<sub>Y</sub>=renta per cápita

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A3. Cambios en el consumo de EE per cápita entre 2000-2008 y 2008-2016 por efectos de descomposición.

CCAA	2000-2008					2008-2016				
	S <sub>I</sub>	S <sub>T</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>Y</sub>	S <sub>EE</sub>	S <sub>I</sub>	S <sub>T</sub>	S <sub>S</sub>	S <sub>Y</sub>	S <sub>EE</sub>
Asturias, Principado de	2,069	0,516	0,999	1,196	1,274	0,971	0,980	1,039	0,968	0,957
Murcia, Región de	1,282	0,966	0,946	1,062	1,244	0,729	1,244	1,064	0,979	0,945
Aragón	1,150	1,009	0,985	1,150	1,312	0,902	1,065	0,978	1,004	0,943
Extremadura	1,490	0,834	1,086	1,263	1,706	0,743	1,192	1,059	0,971	0,911
Galicia	1,204	0,844	1,041	1,251	1,322	0,648	1,411	0,965	1,006	0,887
Castilla y León	1,272	0,945	1,020	1,166	1,431	0,658	1,287	0,982	1,016	0,845
Navarra, Comunidad Floral de	1,295	0,847	0,998	1,100	1,205	0,730	1,241	0,935	0,996	0,844
Andalucía	1,059	0,958	1,000	1,166	1,183	0,681	1,246	1,043	0,931	0,825
Rioja, La	1,425	0,823	1,002	1,044	1,228	0,873	1,008	0,967	0,965	0,821
Comunitat Valenciana	1,068	1,105	0,912	1,032	1,110	0,808	1,008	1,033	0,970	0,817
Balears, Illes	1,989	0,665	0,883	0,936	1,092	0,575	1,279	1,105	0,990	0,805
Castilla-La Mancha	1,212	0,835	1,006	1,174	1,194	0,754	1,095	0,997	0,957	0,788
Cantabria	2,407	0,416	0,978	1,100	1,079	0,409	2,126	0,942	0,955	0,783
Cataluña	1,150	1,064	0,905	1,087	1,204	0,955	0,832	0,996	0,986	0,781
Madrid, Comunidad de	1,194	1,017	0,912	1,109	1,229	0,766	0,917	1,050	1,026	0,757
Canarias	1,417	0,974	0,999	1,017	1,401	0,244	2,913	1,053	1,004	0,753
País Vasco	1,085	0,993	0,946	1,206	1,229	0,741	1,098	0,836	1,023	0,696

Nota: S<sub>I</sub>=efectos intensidad; S<sub>T</sub>= efecto temperatura; S<sub>S</sub>= efecto estructura; S<sub>Y</sub>=renta per cápita  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A4. Clasificación de CCAA y provincias de las diferencias en el consumo de EE per cápita por efecto.  
Año 2000

CCAA	Provincia	Ranking Grupo Provincia					Ranking Grupo CCAA				
		D <sub>I</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>S</sub>	D <sub>Y</sub>	D <sub>EE</sub>	D <sub>I</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>S</sub>	D <sub>Y</sub>	D <sub>EE</sub>
Andalucía	Almería	14	42	3	26	18	12	6	3	2	3
	Cádiz	38	20	19	8	24					
	Córdoba	18	35	16	4	10					
	Granada	10	27	5	7	3					
	Huelva	50	2	23	14	44					
	Jaén	41	9	17	3	17					
	Málaga	31	10	1	20	6					
Sevilla	13	37	15	17	13						
Aragón	Huesca	47	4	25	36	45	11	8	14	11	13
	Teruel	27	43	27	31	34					
	Zaragoza	21	33	38	37	35					
Asturias, Principado de	Asturias	44	31	42	22	42	17	12	15	5	16
Balears, Illes	Balears, Illes	1	47	13	46	22	1	17	5	16	6
Canarias	Palmas, Las	39	6	8	27	16	13	1	2	8	2
	Santa Cruz de Tenerife	35	5	6	29	9					
Cantabria	Cantabria	36	44	39	30	41	14	15	12	9	15
Castilla - La Mancha	Albacete	30	41	37	9	29	4	9	10	6	5
	Ciudad Real	4	50	22	11	15					
	Cuenca	16	39	12	12	12					
	Guadalajara	40	46	41	35	47					
	Toledo	34	29	26	19	30					
Castilla y León	Ávila	12	23	7	15	7	9	14	6	3	10
	Burgos	19	28	47	39	37					
	León	45	3	21	18	14					
	Palencia	8	49	44	25	32					
	Salamanca	9	22	14	13	5					
	Segovia	23	15	18	28	21					
	Soria	22	21	28	32	25					
	Valladolid	15	26	34	34	27					
	Zamora	11	24	11	6	4					
Cataluña	Barcelona	48	1	36	42	33	7	4	11	14	11
	Girona	24	16	29	48	36					
	Lleida	5	40	35	45	31					
	Tarragona	46	11	45	49	49					
Comunitat Valenciana	Alicante/Alacant	37	8	20	24	20	10	3	7	10	9
	Castellón/Castelló	29	48	46	40	43					
	Valencia/València	26	13	31	33	23					
Extremadura	Badajoz	28	30	2	2	8	6	11	1	1	1
	Cáceres	7	19	4	1	1					
Galicia	Coruña, A	43	17	30	21	38	16	5	9	4	12
	Lugo	49	38	9	10	50					
	Ourense	6	14	24	5	2					
	Pontevedra	33	7	32	16	11					
Madrid, Comunidad de	Madrid	3	25	10	47	19	3	10	4	17	4
Murcia, Región de	Murcia	25	18	33	23	26	8	7	8	7	7
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	17	34	48	44	39	5	13	16	15	14
País Vasco	Araba/Álava	20	36	49	50	46	15	2	17	13	17
	Bizkaia	32	32	43	38	40					
	Gipuzkoa	42	12	50	43	48					
Rioja, La	Rioja, La	2	45	40	41	28	2	16	13	12	8

Nota: D<sub>I</sub>=efectos intensidad; D<sub>T</sub>= efecto temperatura; D<sub>S</sub>= efecto estructura; D<sub>Y</sub>=renta per cápita  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A5. Clasificación de CCAA y provincias de las diferencias en el consumo de EE per cápita por efecto.  
Año 2008

CCAA	Provincia	Ranking Grupo Provincia					Ranking Grupo CCAA				
		D <sub>I</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>S</sub>	D <sub>Y</sub>	D <sub>EE</sub>	D <sub>I</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>S</sub>	D <sub>Y</sub>	D <sub>EE</sub>
Andalucía	Almería	35	17	2	16	16	8	9	5	2	2
	Cádiz	36	40	12	6	24					
	Córdoba	15	25	21	5	8					
	Granada	9	33	5	4	2					
	Huelva	47	5	17	8	37					
	Jaén	18	24	20	3	10					
	Málaga	14	36	1	9	3					
Sevilla	7	32	15	20	9						
Aragón	Huesca	42	37	27	39	46	11	12	13	13	13
	Teruel	28	42	29	36	35					
	Zaragoza	27	26	40	41	36					
Asturias, Principado de	Asturias	48	4	44	28	45	17	2	15	8	17
Balears, Illes	Balears, Illes	24	14	3	37	17	7	5	1	11	4
Canarias	Palmas, Las	30	16	9	22	14	14	3	3	4	3
	Santa Cruz de Tenerife	44	2	6	23	15					
Cantabria	Cantabria	46	3	41	30	41	16	1	12	10	14
Castilla - La Mancha	Albacete	20	34	35	12	23	5	10	10	9	8
	Ciudad Real	23	21	28	18	20					
	Cuenca	8	35	18	17	11					
	Guadalajara	17	49	45	26	38					
	Toledo	38	15	30	13	29					
Castilla y León	Ávila	13	30	11	10	6	9	14	9	3	10
	Burgos	22	29	48	40	39					
	León	31	19	25	25	22					
	Palencia	34	8	46	35	31					
	Salamanca	2	45	14	15	4					
	Segovia	37	12	23	27	27					
	Soria	26	43	31	33	34					
	Valladolid	21	22	39	34	28					
Zamora	10	31	16	7	7						
Cataluña	Barcelona	1	50	24	42	30	4	15	8	14	11
	Girona	11	47	22	44	33					
	Lleida	16	27	32	45	32					
	Tarragona	43	10	38	43	48					
Comunitat Valenciana	Alicante/Alacant	33	13	10	11	12	3	17	6	7	6
	Castellón/Castelló	32	48	43	32	44					
	Valencia/València	6	44	19	31	21					
Extremadura	Badajoz	39	18	8	1	19	12	6	4	1	1
	Cáceres	4	20	7	2	1					
Galicia	Coruña, A	45	7	34	29	40	15	4	11	6	12
	Lugo	49	46	13	19	50					
	Ourense	12	11	33	14	5					
	Pontevedra	50	1	36	21	13					
Madrid, Comunidad de	Madrid	3	41	4	49	18	1	16	2	17	5
Murcia, Región de	Murcia	29	28	26	24	25	10	11	7	5	7
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	19	23	47	47	42	6	8	17	15	15
País Vasco	Araba/Álava	25	38	49	50	47	13	7	16	16	16
	Bizkaia	41	6	37	46	43					
	Gipuzkoa	40	9	50	48	49					
Rioja, La	Rioja, La	5	39	42	38	26	2	13	14	12	9

Nota: D<sub>I</sub>=efectos intensidad; D<sub>T</sub>= efecto temperatura; D<sub>S</sub>= efecto estructura; D<sub>Y</sub>=renta per cápita

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A6. Clasificación de CCAA y provincias de las diferencias en el consumo de EE per cápita por efecto.  
Año 2016

CCAA	Provincia	Ranking Grupo Provincia					Ranking Grupo CCAA				
		D <sub>I</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>S</sub>	D <sub>Y</sub>	D <sub>EE</sub>	D <sub>I</sub>	D <sub>T</sub>	D <sub>S</sub>	D <sub>Y</sub>	D <sub>EE</sub>
Andalucía	Almería	11	44	5	10	16	6	14	4	2	2
	Cádiz	31	41	15	4	23					
	Córdoba	18	11	20	5	5					
	Granada	17	30	3	3	2					
	Huelva	38	46	37	8	44					
	Jaén	14	39	14	6	8					
	Málaga	27	6	1	7	1					
Sevilla	12	27	21	12	7						
Aragón	Huesca	48	19	43	42	49	14	9	14	13	16
	Teruel	30	24	40	38	35					
	Zaragoza	41	18	31	39	39					
Asturias, Principado de	Asturias	49	1	50	27	47	17	1	17	8	17
Balears, Illes	Balears, Illes	8	20	6	37	14	3	8	2	12	5
Canarias	Palmas, Las	3	49	11	22	18	1	17	3	5	1
	Santa Cruz de Tenerife	2	48	8	24	4					
Cantabria	Cantabria	44	23	34	28	38	16	10	8	9	13
Castilla - La Mancha	Albacete	37	9	39	13	27	4	16	11	10	9
	Ciudad Real	26	22	25	16	20					
	Cuenca	33	25	18	23	25					
	Guadalajara	22	42	45	17	33					
	Toledo	36	10	33	9	22					
Castilla y León	Ávila	15	37	10	14	11	9	11	10	3	7
	Burgos	20	35	47	40	34					
	León	4	45	30	26	17					
	Palencia	5	47	48	36	36					
	Salamanca	24	15	12	18	15					
	Segovia	35	29	16	30	32					
	Soria	39	40	26	34	43					
	Valladolid	28	28	19	33	31					
Zamora	13	14	17	15	6						
Cataluña	Barcelona	40	2	22	43	28	12	2	7	14	11
	Girona	9	38	27	41	29					
	Lleida	16	7	38	44	24					
	Tarragona	45	26	46	45	48					
Comunitat Valenciana	Alicante/Alacant	7	43	13	11	13	8	7	6	6	6
	Castellón/Castelló	46	4	42	32	41					
	Valencia/València	32	3	24	29	21					
Extremadura	Badajoz	42	12	9	1	19	11	6	5	1	4
	Cáceres	21	21	7	2	3					
Galicia	Coruña, A	43	17	44	31	40	15	13	12	7	12
	Lugo	50	31	29	25	50					
	Ourense	10	16	32	20	10					
	Pontevedra	1	50	28	21	9					
Madrid, Comunidad de	Madrid	6	8	4	49	12	2	3	1	17	3
Murcia, Región de	Murcia	29	34	36	19	30	10	15	13	4	10
Navarra, Comunidad Foral de	Navarra	23	33	49	46	42	7	12	16	15	14
País Vasco	Araba/Álava	47	5	2	50	46	13	4	9	16	15
	Bizkaia	25	32	35	47	37					
	Gipuzkoa	34	36	23	48	45					
Rioja, La	Rioja, La	19	13	41	35	26	5	5	15	11	8

Nota: D<sub>I</sub>=efectos intensidad; D<sub>T</sub>= efecto temperatura; D<sub>S</sub>= efecto estructura; D<sub>Y</sub>=renta per cápita  
Fuente: Elaboración propia.