



IS RESIDENTIAL ENERGY CONSUMPTION A KEY DRIVER OF FINAL ENERGY CONSUMPTION CHANGES IN ANDALUCIA?

Rocío Román Collado¹ (rroman@us.es) and María José Colinet Carmona² (mjcolinet@gmail.com)

Department: Análisis Económico y Economía Política

University: ¹Universidad de Sevilla (Spain) y Universidad Autónoma de Chile (Chile).

²Universidad de Sevilla (Spain)

Subject area: *Sostenibilidad, recursos naturales y medio ambiente*

Abstract:

The economic expansion period during 2000-2008 was accompanied by an important increase of energy consumption in Andalusia. The desire of decoupling between both of them, has led us to carry out a structural decomposition analysis (SDA) based on the Andalusia input-output tables. Additionally, this decomposition has been supplemented by a Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) analysis of the energy consumption changes during a longer period 2000-2013. Therefore, the novelty of this paper is found in the following aspects: i) the structural decomposition of the final energy consumption changes is applied on the largest disaggregation of sectors made until now for the Andalusian economy (73 productive sectors) during the period 2000-2008; ii) the LMDI analysis provide results for a longer period (2000-2013) and allows us to compare the two decomposition approaches; iii) both decompositions analyse the residential and productive energy consumption changes, iv) the analysis provides a better understanding of the energy sources that are behind the driving forces; and v) based on the above results, some energy policy recommendations are provided.

Keywords: Decomposition analysis, final energy consumption, residential consumption, energy policy.

JEL codes: D57, D10



1. Introducción

Dentro del ámbito de la Unión Europea (UE), los Estados Miembros tienen entre sus prioridades la reducción del consumo de energía. A corto plazo, la “Estrategia para un crecimiento inteligente, Sostenible e Integrador, Europa 2020” (European Commission, 2010) establece, entre sus objetivos, una reducción del 20 % de la tendencia del consumo de energía primaria previsto para 2020. En el horizonte de 2030, el objetivo mínimo establecido ha sido la reducción del consumo de energía y de las emisiones de CO₂ en un 27 % y 40 % respectivamente (European Commission, 2014). El objetivo de la Unión Europea para 2050 es mucho más ambicioso, ya que pretende descarbonizar la economía europea en un 80%-95% respecto a los niveles de emisiones de 1990 (European Commission, 2011).

En el periodo 2000-2013, Andalucía experimentó un importante crecimiento del consumo de energía final de 1,4 %, del PIB un 17,6 % (IECA, 2015) y de la tasa de paro 13,5 puntos porcentuales (INE, 2016a).

Sin embargo, hay dos subperiodos claramente diferenciados, desde el punto de vista del consumo de energía y el comportamiento de la actividad económica (Hospidio y Moreno-Galvis, 2015). Un primer subperiodo entre 2000 y 2007 y un segundo subperiodo entre 2008 y 2013. En el caso de Andalucía tiene especial relevancia el parámetro de productividad laboral ya que no sigue las pautas de la española. En la totalidad del periodo 2000-2013 la productividad laboral se redujo un 6,4 %, pero se observa un comportamiento desigual en los dos subperiodos. Mientras que en el subperiodo de expansión económica incrementó la productividad en un 1,8 %, en el segundo subperiodo se redujo un 8,1 % (IECA, 2015).

El periodo 2000-2013 vino acompañado por numerosas medidas de política energética. En el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía contó con diferentes planes energéticos, en concreto, el Plan Energético de Andalucía 2003-2006 (PLEAN) (CEDT, 2003) y el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013 (PASENER) (CICE, 2007).



El análisis de los factores que inciden en el cambio del consumo de energía en un periodo puede contribuir a identificar las medidas óptimas para lograr los objetivos marcados. Existen diferentes métodos de descomposición que permiten determinar y calibrar los distintos factores socioeconómicos, energéticos o ambientales que explican los cambios en algún parámetro, en nuestro caso el consumo de energía, en un periodo de tiempo y/o entre diferentes regiones o economías (Ang et al., 2016).

El objetivo de este trabajo es analizar los factores que determinan e influyen en la variación del consumo de energía en España y Andalucía en el periodo 2000 – 2013, incluyendo a su vez el análisis de los dos subperiodos identificados. De esta forma se identificarán los efectos de dichos cambios tanto en el periodo de expansión como en el periodo de recesión. En base a los resultados obtenidos se analizarán las políticas en materia energética llevadas a cabo en el periodo para reducir el consumo de energía en cumplimiento de los objetivos de la Unión Europea.

El trabajo se estructura en cinco secciones, a esta introducción le sigue la sección segunda donde se expone la metodología desarrollada. La tercera sección explica las bases de datos utilizadas. En la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos. Y en la sección quinta se presenta la discusión y algunas conclusiones.

2. Metodología

En nuestro trabajo, el consumo de energía total de toda la economía se divide en consumo procedente de las ramas de actividad y el consumo de energía de los hogares.

2.1 Análisis de descomposición estructural del consumo total de energía final.

Para el análisis de descomposición estructural, el consumo de energía total de la economía viene representado por el vector (e) de dimensión $k \times 1$ en la ecuación (1), siendo k las distintas fuentes energéticas consideradas. Este vector se descompone en el consumo de energía de las distintas ramas de actividad (e_{ind}) de dimensión $k \times 1$ y el vector de consumo de energía de los hogares (e_h) de dimensión $k \times 1$.

$$e = e_{ind} + e_h \quad (1)$$

Para realizar el análisis de descomposición estructural, el vector de consumo (e_{ind}) se obtiene a partir de la factorización del consumo de energía de las ramas de actividad. Para ello se parte de la expresión matricial de Leontief (1936 y 1986):

$$x = Ax + y \quad (2)$$

Donde x representa el vector de la producción sectorial de las n ramas de actividad (de dimensión $n \times 1$), A es la matriz de coeficientes técnicos de dimensión $n \times n$ cuyos elementos son a_{ij} e y representa al vector de la demanda final de dimensión $n \times 1$. La matriz A es obtenida a partir de la tabla simétrica a precios básicos.

Operando en la expresión (2), el vector de producción se expresa de la siguiente forma:

$$x = (I - A)^{-1} \cdot y = L \cdot y \quad (3)$$

Donde I representa la matriz unidad y $(I - A)^{-1}$ es la matriz inversa de Leontief, denominada también matriz L de dimensión $n \times n$.

Cada elemento de la matriz A representa la participación de cada input en el output total de cada una de las ramas de actividad, por lo tanto suministra información en términos unitarios sobre la cuantificación del aumento del output x_i , si se incrementa una unidad la rama de actividad i -ésima. La matriz A mide los efectos directos producidos, sin embargo, no da una visión completa de los efectos sobre la economía al no medir el efecto indirecto debido a la demanda inducida, efecto que puede ser cuantificado con la matriz inversa de Leontief (Soza, 2007).

Para obtener el consumo de energía final, la expresión (3) es pre-multiplicada en ambos lados por la matriz de consumo de energía final por unidad de output para cada fuente energética, matriz IN de dimensión $k \times n$, tal como se muestra en la expresión (4).

$$E_{ind} = IN \cdot L \cdot \hat{Y} \quad (4)$$

Donde E_{ind} es la matriz de consumo de energía de todas las ramas de actividad, cuya dimensión es $k \times n$, siendo k las distintas fuentes energéticas y n las ramas de actividad.

\hat{Y} es la matriz diagonal (dimensión $n \times n$) del vector de demanda final, y .

Adicionalmente, la matriz \hat{Y} de la ecuación (4) es descompuesta en $\hat{Y}_s \cdot y_p \cdot p$,

donde \hat{Y}_s es una matriz diagonal (dimensión $n \times n$) que muestra la participación de la demanda final de cada sector sobre la demanda final, y_p muestra la participación de la demanda final total por población (dimensión 1×1) siendo p un escalar que muestra la población (dimensión 1×1). Así la matriz E_{ind} está definida por:

$$E_{ind} = IN \cdot L \cdot \hat{Y}_s \cdot y_p \cdot p \quad (5)$$

A partir de la suma de las “n” columnas de la matriz E_{ind} se obtiene la ecuación (6):

$$e_{ind} = IN \cdot L \cdot y_s \cdot y_p \cdot p \quad (6)$$

donde y_s es el vector de estructura de la demanda de dimensión $n \times 1$, que muestra la participación de la demanda sectorial sobre la demanda final total.

Por otra parte, el vector de consumo de energía de los hogares (e_h) se obtiene a partir del consumo residencial, es decir, la energía consumida directamente por los hogares para calefacción y refrigeración, iluminación, electrodomésticos, cocina, agua caliente sanitaria, etc., (vector e_{res} de dimensión $k \times 1$) y del consumo de energía del transporte privado por carretera (vector e_{tp} de dimensión $k \times 1$). La metodología de cálculo del consumo de energía procedente del transporte privado se incluye en el Anexo A.

De esta forma, el consumo total de energía de los hogares (e_h) es definido como:

$$e_h = e_{res} + e_{tp} \quad (7)$$

A su vez, el vector e_{res} puede ser descompuesto en dos factores: uso residencial de la energía (r) (que es la energía demandada para el uso residencial por habitante) y la población (p). En el caso del vector e_{tp} los factores considerados de descomposición son

la energía usada en el transporte privado por carretera (t) (consumo de energía en transporte privado por vehículo) y el número de vehículos usado para el transporte privado por carretera (v)

$$e_{res} = \frac{e_{res}}{p} \cdot p = r \cdot p \quad (8)$$

$$e_{ip} = \frac{e_{ip}}{v} \cdot v = t \cdot v \quad (9)$$

2.1.1 Análisis de descomposición estructural

El Análisis de Descomposición Estructural (SDA), nos permite obtener la desagregación de las causas que inciden en la variación del consumo de energía en un periodo mediante el empleo de tablas input-output (TIO), que fueron desarrolladas por Leontief (1936). Estas tablas permitieron realizar los primeros análisis de emisiones y energía (Leontief, 1970; Leontief y Ford, 1972).

Se ha realizado un análisis de descomposición aditivo de la variación del consumo de energía total (Δe) entre 2000 y 2008, en nueve efectos según se muestra en la siguiente ecuación:

$$\Delta e = \Delta e_{ind} + \Delta e_{res} + \Delta e_{ip} = (\Delta IN + \Delta L + \Delta y_s + \Delta y_p + \Delta p_{ind}) + (\Delta r + \Delta p_{res}) + (\Delta t + \Delta v) \quad (10)$$

El primer paréntesis de la ecuación (10) corresponde a la descomposición del consumo de energía procedente de las ramas de actividad, esto es, siendo ΔIN el efecto intensidad energética, ΔL es el efecto Leontief, Δy_s es el efecto estructural, Δy_p es el efecto nivel de vida, Δp_{ind} es el efecto de la población. En el segundo paréntesis de la ecuación (10) se descompone el consumo residencial en efecto del uso de energía residencial por persona (Δr) que muestra variaciones en el consumo de energía de los hogares debido a los cambios en el consumo de energía por hogar y el efecto de la población (Δp_{res}) que muestra los cambios en el consumo de energía de los hogares debido a un aumento de la población. El tercer paréntesis de la ecuación (10) descompone el consumo de energía debido al transporte privado en el efecto del uso de la energía en el transporte privado

por carretera por vehículo (Δt) que muestra los cambios en el consumo de energía debido a variaciones en el consumo de energía por vehículo y el efecto número de vehículos (Δv) que muestra los cambios en el consumo de energía debido a variaciones en los vehículos privados.

Se ha aplicado el método D&L también denominado “descomposición polar” (Dietzenbacher y Los, 1998) para el cálculo de los efectos de la descomposición estructural realizada. Este método cumple con las características esenciales recomendadas por Ang et al. (2009) para su aplicación: (a) fundamentos teóricos, (b) adaptabilidad, (c) facilidad de uso y (d) fácil interpretación (Su y Ang, 2012a; Lan et al., 2016). De esta forma, la descomposición de Δe_{ind} se calcula a partir de la media de las expresiones (11) y (12).

$$\Delta e_{ind} = \Delta IN L_1 y_{s1} y_{p1} P_{ind1} + IN_0 \Delta L y_{s1} y_{p1} P_{ind1} + IN_0 L_0 \Delta y_s y_{p1} P_{ind1} + IN_0 L_0 y_{s0} \Delta y_p P_{ind1} + IN_0 L_0 y_{s0} y_{p0} \Delta P_{ind} \quad (11)$$

$$\Delta e_{ind} = \Delta IN L_0 y_{s0} y_{p0} P_{ind0} + IN_1 \Delta L y_{s0} y_{p0} P_{ind0} + IN_1 L_1 \Delta y_s y_{p0} P_{ind0} + IN_1 L_1 y_{s1} \Delta y_p P_{ind0} + IN_1 L_1 y_{s1} y_{p1} \Delta P_{ind} \quad (12)$$

Por otra parte, el cálculo de las descomposiciones de Δe_{res} y Δe_{tp} se obtiene a partir de las expresiones (13) y (14) respectivamente:

$$\Delta e_{res} = \Delta r \cdot p_{res} \left(\frac{1}{2}\right) + r \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \Delta p_{res} \quad (13)$$

$$\Delta e_{tp} = \Delta t \cdot v \left(\frac{1}{2}\right) + t \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \Delta v \quad (14)$$

2.2 Metodología de análisis del LMDI aditivo del consumo de energía sectorial y de los hogares

Para el análisis LMDI, el consumo de energía total de la economía se descompone de forma similar a como lo hacíamos en las ecuaciones (1) y (7). En concreto, el consumo de energía total (E) se divide en consumo productivo o consumo procedente de las n ramas de actividad (E_s) y consumo de los hogares (E_H). Adicionalmente, el consumo de energía de los hogares se divide en consumo procedente del transporte privado (E_{tp}) y consumo residencial (E_{res}) tal y como se expresa en la siguiente ecuación.

$$E = E_S + E_H = E_S + E_{tp} + E_{res} \quad (15)$$

Tal y como proponen Ang et al. (2010) y Belzer (2014), el consumo de energía procedente de las ramas de actividad se descompone en cuatro factores según se expresa en la siguiente ecuación:

$$E_S = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{L_i} \cdot \frac{L_i}{Q_i} \cdot \frac{Q_i}{Q} \cdot Q = I_{Li} \cdot P_i \cdot S_i \cdot Q \quad (16)$$

Siendo I_{Li} el factor intensidad sectorial, P_i el factor inversa de la productividad del trabajo, S_i el factor estructural y Q el factor actividad.

En segundo lugar, el consumo de energía final del transporte privado es descompuesto en tres factores: intensidad transporte privado (I_{tp}), nivel de vida en transporte privado (A_v) y actividad (Q).

$$E_{tp} = \frac{E_{tp}}{Q} \cdot Q = \frac{E_{tp}}{v} \cdot \frac{v}{Q} \cdot Q = I_{tp} \cdot A_v \cdot Q \quad (17)$$

siendo v el número de vehículos para uso privado.

En tercer lugar, el consumo de energía residencial queda descompuesto en tres factores: intensidad residencial (I_{res}), nivel de vida residencial (A_p) y actividad (Q), como muestra la siguiente ecuación:

$$E_{res} = \frac{E_{res}}{Q} \cdot Q = \frac{E_{res}}{p} \cdot \frac{p}{Q} \cdot Q = I_{res} \cdot A_p \cdot Q \quad (18)$$

siendo p la población y A_p la inversa de la renta per cápita.

Aplicando el método de descomposición aditiva LMDI-I como recomienda la literatura especializada (Ang et al., 2010 y Ang, 2015), a partir de la ecuación (15) y considerando las definiciones de las ecuaciones (16), (17) y (18); la variación del

consumo de energía en un periodo de tiempo (0 ,T) viene definido por la siguiente expresión:

$$\Delta E = \sum_{i=1}^n \Delta I_{Li} + \sum_{i=1}^n \Delta P_i + \sum_{i=1}^n \Delta S_i + \sum_{i=1}^n \Delta Q_i + \Delta I_{res} + \Delta A_p + \Delta Q_{res} + \Delta I_{tp} + \Delta A_v + \Delta Q_{tp} \quad (19)$$

En el anexo B se muestra el cálculo de cada uno de los efectos.

Siendo ΔI_{Li} es el efecto intensidad energética sectorial (muestra las variaciones del consumo de energía que son debidas a un cambio en el uso de energía por hora trabajada), ΔI_{res} es el efecto intensidad energética residencial (muestra el cambio en el consumo de energía debido a una variación del consumo de energía por habitante), ΔI_{tp} es el efecto intensidad energética del transporte privado (muestra las variaciones del consumo de energía debidas a un cambio en el consumo de energía por vehículo privado), ΔP_i es el efecto inversa de la productividad del trabajo (muestra las variaciones del consumo de energía debidas a un cambio en la inversa de la productividad del trabajo, que denominaremos efecto productividad), ΔS_i es el efecto estructural (muestra las variaciones del consumo de energía debidas a un cambio en la participación de un sector en la producción final), ΔA_p es el efecto nivel de vida residencial (muestra las variaciones en el consumo de energía que son debidas a un cambio en la renta per cápita), ΔA_v es el efecto nivel de vida en transporte privado (muestra las variaciones en el consumo de energía que son debidas a un cambio en el número de vehículos por unidad producida), ΔQ_i es el efecto actividad de cada sector i (muestra las variaciones en el consumo de energía que son debidas a un cambio en la producción inducido por el sector i), ΔQ_{res} es el efecto actividad debido sector residencial (muestra las variaciones del consumo de energía debidas a un cambio en la producción inducido por los residentes), ΔQ_{tp} es el efecto actividad debido al transporte privado (muestra las variaciones del consumo de energía debidas a un cambio de la producción inducido por el sector transporte privado).



Esta misma metodología utilizada para el análisis del consumo total de energía, se ha realizado para cada una de las fuentes energéticas (carbón, gas natural, productos petrolíferos, energía nuclear y renovable).

3. Base de Datos

3.1 Base de datos para el análisis de descomposición estructural.

Para la obtención de las TIO se han utilizado las tablas de origen y destino a precios básicos 2000 y 2008 a partir del Marco Input-Output de Andalucía (IECA, 2015). Las TIO han sido calculadas a partir del método basado en la ordenación industria a industria con una estructura fija de ventas de los productos, que es el denominado Modelo D según Eurostat (2008). Asimismo, el modelo adoptado para el cálculo de las TIO considera las importaciones desde una perspectiva “no-competitiva”, es decir, se entiende que la energía consumida en los bienes y servicios importados no se cuantifica (Su y Ang, 2013).

El análisis SDA requiere contar con TIO a precios constantes para evitar la influencia de los cambios de precios (Hoekstra et al., 2016; Lan et al., 2016). La literatura especializada recomienda deflactar directamente las tablas de origen y destino (Eurostat, 2008; Miller y Blair, 2009) para calcularlas a precios constantes y a partir de ellas obtener las TIO. Para convertir las tablas de origen y destino de 2008 a precios básicos a precios constantes año 2000, se han utilizado los índices de precios de consumo (IECA, 2015).

Los datos de consumo de energía final para Andalucía, procede del Ministerio de Industria Energía y Turismo (MINETUR, 2015).

Los datos de consumo de generación eléctrica y de consumo de energía del sector transformación de la energía (sector refinerías) se ha obtenido Ministerio de Industria Energía y Turismo (MINETUR, 2015). El sector transformación de energía incluye las Coquerías, refino y combustibles nucleares, Producción y distribución de energía eléctrica, Producción y distribución de gas, que son ramas de actividad incluidas en la estructura económica. En las estadísticas energéticas oficiales, los autoconsumos de estas actividades no se incluyen en el balance de energía final. Sin embargo, se han



tenido en cuenta estos consumos energéticos para poder así analizar la totalidad de la actividad económica. No obstante, no se considera la energía primaria utilizada para la generación de la energía final, para evitar una doble contabilidad.

La estimación del consumo de energía del transporte privado de los hogares se ha realizado a partir de los datos de vehículos turismos y motocicletas (MF, 2013) y las emisiones equivalentes de CO₂ de estos vehículos (MAAMA, 2015).

Finalmente, la descomposición requiere del dato de la población andaluza de los años 2000 y 2008, tomándose del INE (2015).

3.2 Base de datos para el análisis LMDI.

Los datos económicos (VAB regional) y horas trabajadas, proceden del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA, 2015), los datos de población (INE, 2016b) y los del número de vehículos (MF, 2013). Para el análisis se ha utilizado datos del VAB regional y sectorial a precios constantes (año base 2010) calculados a partir de VAB a precios corrientes y los índices de volumen encadenados publicados en la Contabilidad Regional Anual de Andalucía (IECA, 2015).

La unidad física elegida ha sido el número total de horas trabajadas para cada uno de los sectores productivos (INE, 2016b).

Los datos de consumo de energía final provienen de la Agencia Andaluza de la Energía (AAE, 2004 y 2015). Se considera que el consumo de energía final no incorpora los usos no energéticos. Por tanto, sólo incluye el consumo de energía de todos los sectores económicos y los hogares, así como el autoconsumo proveniente del sector transformador de energía.

4. Resultados

4.1 Efectos del análisis de descomposición estructural de los cambios en el consumo de energía final en Andalucía (2000-2008).



Los efectos de la descomposición de los cambios en el consumo de energía total de Andalucía se presentan distinguiéndose su destino final, esto es, por ramas de actividad, residencial y por transporte privado.

En Andalucía, el incremento de consumo de energía fue de 2.265 ktep, en este caso las ramas de actividad (1.697 ktep) contribuyeron significativamente a esta variación (74,9 %) y los hogares sólo lo hicieron en un 25 %. En este periodo, la variación del consumo de energía del sector residencial en Andalucía fue negativo (-22 ktep), mientras que el transporte privado incrementó su consumo en una proporción similar a la española (representando el 26 % de la variación total).

Desde el punto de vista de las ramas de actividad, los efectos explicativos analizados han sido cinco: intensidad, Leontief, estructural, nivel de vida y población.

Los resultados muestran en primer lugar, que el consumo de energía por ramas de actividad se incrementó en 1,697 ktep. Este aumento está en buena medida explicado por los efectos nivel de vida (Δy_p) y población (Δp_{ind}), lo que corrobora la falta de desacoplamiento entre crecimiento económico medido por la renta per cápita y el consumo de energía. En concreto, el efecto nivel de vida representa 1,8 veces la variación del consumo de energía de las ramas de actividad del periodo en Andalucía. Por otra parte, sólo los efectos intensidad y estructural favorecieron la reducción del consumo, lo que muestra una mejora de la eficiencia energética, medida en términos de intensidad de energía por ramas de actividad y un cambio estructural en el que predominan el peso relativo de los sectores con menor consumo de energía.

Los cambios en el consumo de energía residencial vinieron explicados por los efectos uso de energía residencial por persona y población. El crecimiento del consumo de energía residencial debido al efecto uso de energía residencial por persona (Δr) es compensado prácticamente por el efecto población (Δp_{res}), lo que muestra que se ha producido un crecimiento del uso de energía por persona no justificado por el incremento de la población.

Asimismo, en la tabla 1 se muestra que el aumento del consumo de energía debido al transporte privado viene explicado por los dos efectos analizados, el uso de la energía en transporte privado por carretera por vehículo (Δt) y número de vehículos (Δv), siendo más significativo éste último. El periodo analizado se caracterizó por un importante

crecimiento económico, reflejándose a su vez en un aumento de la flota de vehículos privados, lo que explica el aumento del consumo de energía debido al transporte.

Tabla 1. Efectos de descomposición del consumo de energía en Andalucía en el periodo 2000-2008 (ktep)

	ANDALUCÍA			
	Ramas de actividad	Residencial	Transporte privado	TOTAL
ΔIN	-3,078			-3,078
ΔL	571			571
Δy_s	-43			-43
Δy_p	3,084			3,084
Δp_{ind}	1,163			1,163
Δr		-267		-267
Δp_{res}		244		244
Δt			187	187
Δv			404	404
Δe	1,697	-22	590	2,265

Fuente: Elaboración propia

Agrupando las ramas de actividad en los diferentes sectores económicos (primario, industria, construcción, servicios y transporte), en el periodo 2000-2008, la tabla 2 muestra los efectos de la descomposición.

Tabla 2. Efectos de descomposición del consumo de energía en Andalucía en el periodo 2000-2008 por sectores económicos (ktep)

	ANDALUCÍA					
	ΔIN	ΔL	Δy_s	Δy_p	Δp_{ind}	ΔE

PRIMARIO	55	3	-191	81	224	171
INDUSTRIA	-1,824	-180	275	421	1,123	-185
CONSTRUCCIÓN	-475	-181	526	151	426	447
SERVICIOS	-378	908	-396	288	826	1,248
TRANSPORTE	-456	21	-258	192	516	16
TOTAL	-3,078	571	-43	1,134	3,114	1,697

Fuente: Elaboración propia

El sector industrial es el único que reduce el consumo de energía en el periodo (-185 ktep) debido principalmente al efecto intensidad y leontief, sólo parcialmente compensado por los demás efectos positivos.

En el sector servicios se produce un importante crecimiento del consumo (1,248 ktep) debido principalmente al efecto Leontief y población.

En el sector primario, todos los efectos excepto el estructural muestran un valor positivo, incrementándose en 171 ktep. En cuanto al sector transporte, se observa que los efectos ΔN y Δy_s producen una reducción del consumo de energía significativa; por lo que en esta economía el incremento total de energía de este sector alcanza un valor muy reducido (16 ktep).

4.2 Resultados del análisis LMDI-I del consumo de energía final en Andalucía (2000-2013)

El análisis de las variaciones del consumo de energía final mediante el método LMDI-I, en el periodo 2000-2013 nos permite identificar los siguientes efectos: intensidad energético (sectorial, residencial y transporte privado), productividad, nivel de vida (residencial y transporte privado), estructural y actividad.

Los efectos intensidad sectorial y residencial provocan un crecimiento del consumo de energía. El efecto intensidad residencial muestra que el uso de energía por habitante creció en el periodo 2000-2013 en Andalucía un 4,2 %.

Los efectos intensidad sectorial y residencial están parcialmente compensados por la disminución del consumo debida al efecto intensidad del transporte privado. Según este efecto el consumo de energía disminuye debido a un menor consumo de energía por vehículo.

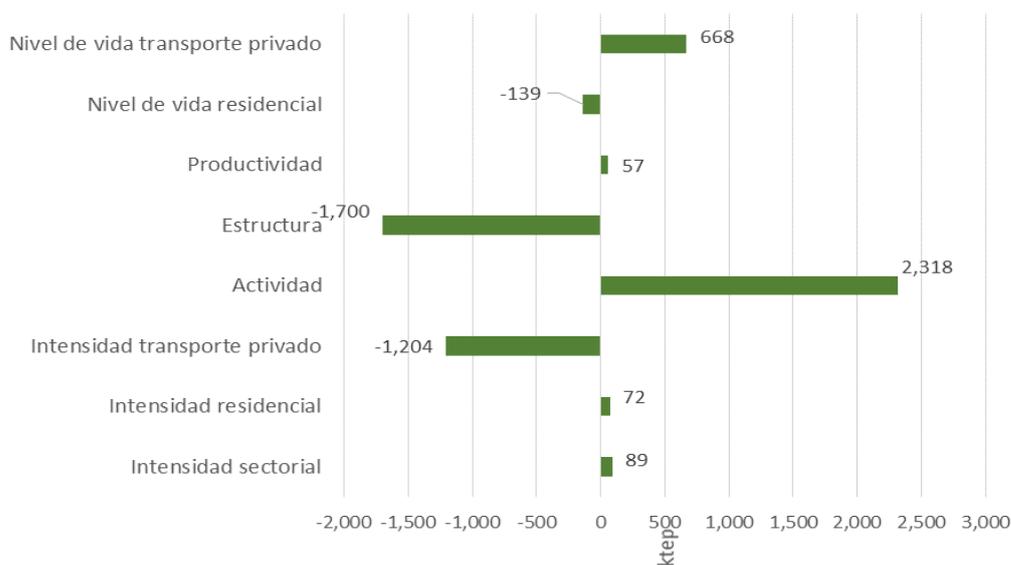
El efecto actividad provoca un crecimiento del consumo de energía mostrando el acoplamiento existente entre crecimiento económico y consumo de energía.

Los efectos productividad y estructural influyeron en la reducción del consumo de la energía del periodo en España. En el primer caso, la reducción del consumo de energía se debe a un aumento de la productividad del trabajo, mientras que el segundo caso se debe al menor peso relativo sobre el total de la producción de los sectores más intensivos en consumo energético; favoreciendo así el mayor peso relativo de los sectores más intensivos. En el caso de Andalucía, como ya hemos mencionado, se produce un ligero incremento del consumo de energía debido al efecto productividad.

Igualmente el efecto nivel de vida residencial, aun teniendo poca relevancia en la variación de consumo de energía en el periodo, contribuyó a la reducción del consumo de energía.

El efecto nivel de vida en el transporte privado provocó un incremento del consumo de energía, debido al aumento del número de vehículos por unidad monetaria producida.

Figura 1. Efectos de la variación del consumo de energía final en Andalucía 2000-2013



Fuente: Elaboración propia



Cuando dividimos el periodo de análisis en dos subperiodos, el primero coincidente con la etapa de expansión (2000-2007) y el segundo con la etapa de recesión y recuperación económica (2008-2013), se observan cambios significativos.

En primer lugar, en el primer periodo (2000-2007) el efecto actividad es el que más contribuye al incremento del consumo de energía (2.637 ktep). Asimismo, se produce un aumento del consumo de energía debido al aumento de vehículos en relación a la producción de la economía, lo que es resultado del aumento del uso del transporte privado en esta etapa debido al aumento del nivel de vida de la población.

Respecto a los efectos que contrarrestan el crecimiento del consumo de energía destacan el efecto estructura. En este caso, el cambio en la estructura productiva producido en el periodo favorece la reducción del consumo al incrementarse los sectores menos intensivos en consumo energético.

En cuanto al segundo de los subperiodo, se caracteriza por una reducción del consumo de energía en Andalucía de 2.471 ktep. En este subperiodo todos los efectos contribuyen a la reducción del consumo, salvo en los efectos nivel de vida residencial y de transporte privado. En el primer caso, se observa un aumento del consumo de energía debido a una reducción de la renta per cápita y en el segundo caso, se produce un aumento del consumo debido al aumento de vehículos por unidad producida. Además, el efecto intensidad residencial es positivo, aunque en tan solo 39 ktep.

En cuanto a los efectos que más contribuyen a la reducción del consumo de energía en este subperiodo, son el efecto intensidad transporte privado, estructura e intensidad energética sectorial. El mayor impacto en el consumo de energía se produce como consecuencia del menor consumo energético por unidad producida en los sectores productivos (efecto intensidad sectorial) así como el menor consumo energético por vehículo (intensidad del transporte privado) y por el cambio de estructura que experimenta la economía andaluza en el subperiodo hacia sectores menos consumidores de energía, principalmente del sector servicios.

Tabla 3. Evolución de los efectos de variación del consumo de energía final en Andalucía en los subperiodos 2000-2007 y 2008-2013 (ktep)

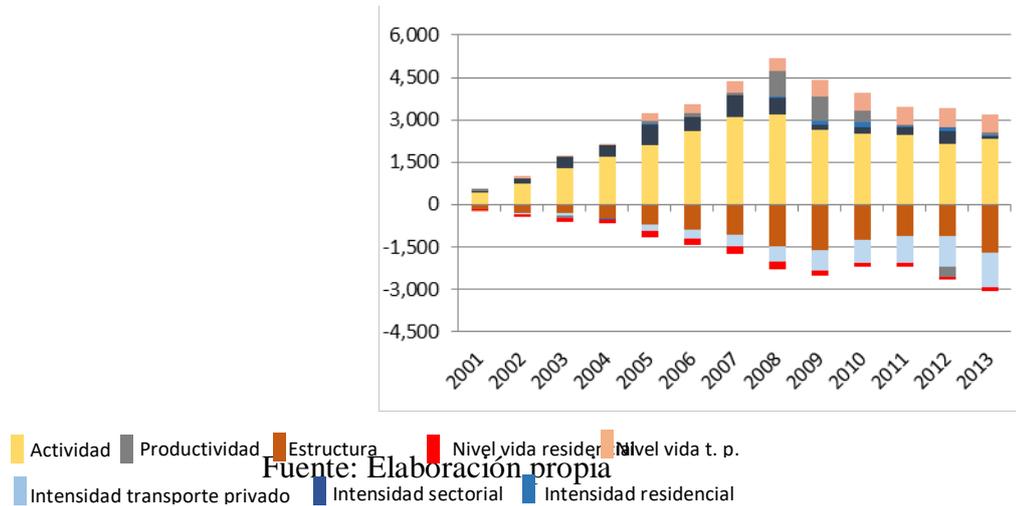
	2000-2007	2008-2013
Intensidad sectorial	746	-709
Intensidad residencial	34	39
Intensidad transporte privado	-417	-966
Actividad	3.103	-533
Estructura	-1.060	-788
Productividad	87	-24
Nivel de vida residencial	-268	145
Nivel de vida transporte privado	411	360
Total	2.637	-2.476

Fuente: Elaboración propia

La figura 2 representa los resultados obtenidos en el análisis encadenado de los efectos de la variación del consumo de energía final de Andalucía 2000- 2013. Se observa como los efectos actividad, nivel de vida transporte privado, productividad y estructura son los que tienen una mayor relevancia a lo largo del periodo, los dos primeros favorecen el incremento del consumo de energía y los otros dos, lo reducen. Asimismo, se aprecia como el efecto intensidad sectorial tiene una elevada contribución al incremento del consumo de energía en Andalucía.

Se observa que, en el periodo de contracción de la economía, el efecto intensidad del transporte privado y el efecto estructura reducen considerablemente el consumo de energía final. Este resultado muestra que el periodo de crisis se reduce el uso del transporte privado y por tanto, reduce la intensidad medida por unidad de vehículo. Asimismo, se observa un aumento de la productividad del trabajo como consecuencia de la mayor producción por hora trabajada, lo que provoca una disminución del consumo de energía por el efecto productividad. No obstante, el efecto productividad induce a un mayor consumo de energía en los años centrales de la crisis, como consecuencia de una reducción de la productividad, debido a que las horas trabajadas disminuyen más que la producción.

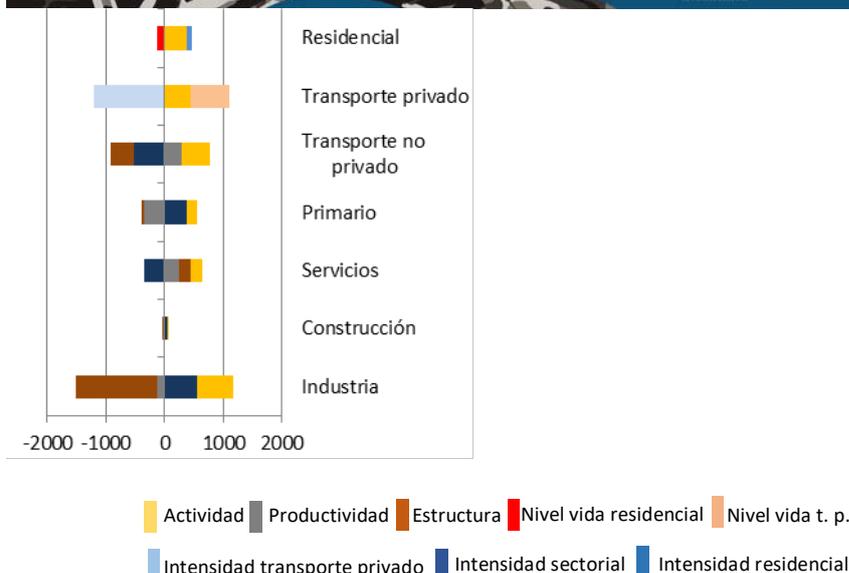
Figura 2. Análisis anual encadenado del consumo de energía final en Andalucía 2000-2013 (ktep)



4.2.1 Análisis LMDI-I multinivel del consumo de energía final en Andalucía

La aplicación del método LMDI-I nos ha permitido determinar los efectos que influyen en la variación del consumo de energía final por sectores.

Figura 3. Efectos de la variación del consumo de energía final sectorial en Andalucía 2000-2013 (ktep)



Fuente:

Elaboración propia

El sector residencial contribuye en mayor medida al aumento del consumo por el efecto intensidad energética sectorial y al descenso del consumo debido al efecto nivel de vida residencial. El sector industrial contribuye significativamente a la reducción del consumo de energía debido al efecto estructura y en menor medida debido al efecto productividad. Finalmente, el sector servicios contribuye menos al efecto intensidad sectorial y su efecto productividad es positivo.

Tabla 4. Efectos intensidad, productividad, nivel de vida, estructura y actividad de los sectores productivos y hogares en Andalucía 2000-2013 (ktep)

		2000-2013	2000-2007	2008-2013
INDUSTRIA	INTENSIDAD	555	228	372
	PRODUCTIVIDAD	-123	-283	136

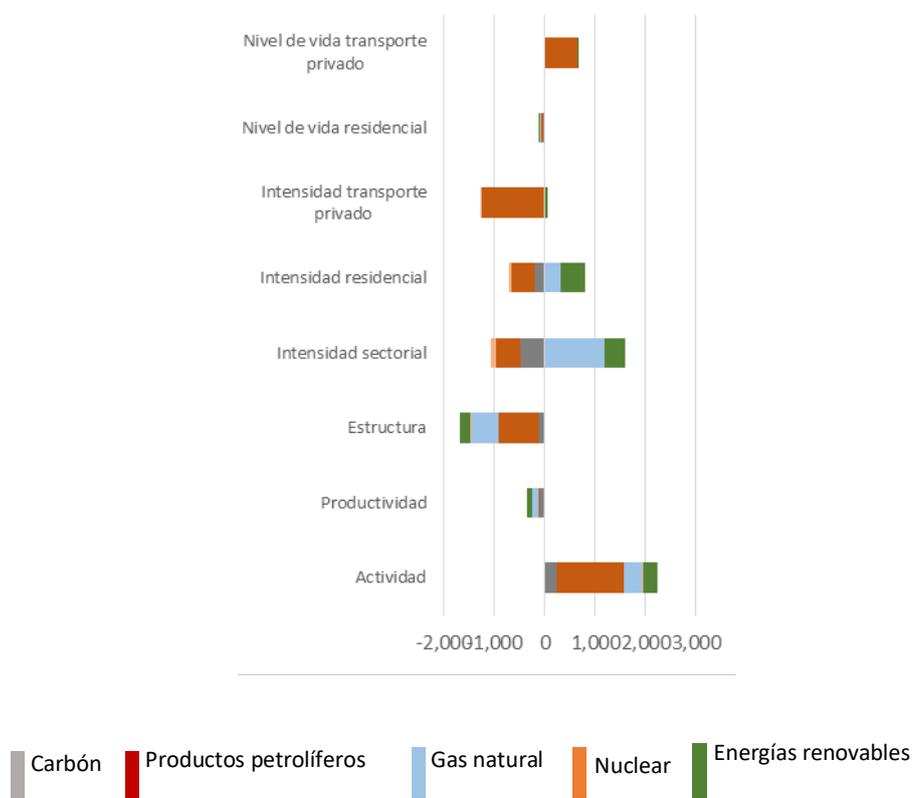
		2000-2013	2000-2007	2008-2013
	ESTRUCTURA	-1397	-425	-1.078
	ACTIVIDAD	609	825	-133
	TOTAL	-356	346	-702
CONSTRUCCIÓN	INTENSIDAD	34	43	18
	PRODUCTIVIDAD	-15	7	-33
	ESTRUCTURA	-32	11	-66
	ACTIVIDAD	10	21	-3
	TOTAL	-3	82	-85
SERVICIOS	INTENSIDAD	-356	105	-551
	PRODUCTIVIDAD	252	1	303
	ESTRUCTURA	190	25	201
	ACTIVIDAD	208	262	-52
	TOTAL	294	392	-98
PRIMARIO	INTENSIDAD	376	423	-11
	PRODUCTIVIDAD	-342	-83	-323
	ESTRUCTURA	-49	-230	193
	ACTIVIDAD	180	239	-45
	TOTAL	164	349	-185
TRANSPORTE NO PRIVADO	INTENSIDAD	-520	-53	-537
	PRODUCTIVIDAD	286	445	-108
	ESTRUCTURA	-412	-441	-39
	ACTIVIDAD	495	697	-115
	TOTAL	-150	648	-799
TRANSPORTE PRIVADO	INTENSIDAD	-1.204	-417	-966
	NIVEL VIDA	668	411	360
	ACTIVIDAD	436	614	-102
	TOTAL	-100	608	-708
RESIDENCIAL	INTENSIDAD	72	34	39
	NIVEL VIDA	-139	-268	145
	ACTIVIDAD	380	446	-83
	TOTAL	313	212	101
TOTAL	INTENSIDAD	-1.042	363	-1.635
	PRODUCTIVIDAD	57	87	-24
	NIVEL VIDA	529	144	505
	ESTRUCTURA	-1.700	-1.060	-788
	ACTIVIDAD	2.318	3.103	-533
	TOTAL	161	2.637	-2.476

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Análisis LMDI-I del consumo de energía final en Andalucía por fuentes energéticas y efectos

Respecto a las fuentes energéticas generadoras de la energía final consumida en el periodo 2000-2013, el gas natural y las energías renovables son las únicas que han incrementado su uso, debido básicamente a los efectos intensidad residencial y sectorial. El resto de fuentes energéticas (carbón, productos petrolíferos y nuclear) reducen su consumo debido fundamentalmente al efecto intensidad sectorial, transporte privado y residencial. El efecto actividad contribuye al incremento del consumo de todas las fuentes energéticas. Por el contrario los efectos estructura y productividad favorecen su reducción.

Figura 4 Contribución de los recursos energéticos a los efectos de la variación del consumo de energía final sectorial en Andalucía 2000-2013 (ktep)



Fuente: Elaboración propia



5.- Discusión y Conclusiones.

En cuanto al análisis efectuado por fuentes energéticas, tanto con el método SDA como LMDI-I, se observa que el incremento de productos petrolíferos se debe principalmente a un incremento del nivel de vida relacionado con el aumento del número de vehículos privados en el periodo. En cuanto al incremento del consumo de gas natural y de las energías renovables, se deben en gran medida al crecimiento de la actividad económica (VAB, nivel de vida, población, etc.) y de la intensidad energética sectorial. Respecto a la energía nuclear y el carbón, se produce un descenso de su consumo en el periodo, estando explicado en los dos métodos de descomposición, por el efecto intensidad sectorial.

El efecto intensidad nos ha permitido valorar la contribución de las distintas medidas adoptadas en el ámbito de la política energética para mejorar el consumo de energía de España y Andalucía. Llegamos a la conclusión de que los programas de ayudas públicas para la adopción de medidas de ahorro y mejora de la eficiencia energética en la industria, junto con los planes de movilidad urbana y de transporte para empresas son las medidas que han contribuido más a la reducción del consumo de energía. Por el contrario, los destinados a la mejora de la eficiencia energética en el sector residencial, son los que han tenido un menor impacto. En general, todas estas medidas se corresponden con subvenciones a la inversión en equipos e instalaciones.

En el caso de las energías renovables, las medidas que principalmente se han utilizado y que han favorecido el gran despegue de esta energía en el periodo analizado, son medidas regulatorias y en concreto, el sistema de retribución denominado “primas” a la generación de energía eléctrica a partir de estas fuentes energéticas. A su vez, este sistema se ha visto complementado por medidas tales como la exención fiscal a los biocarburantes y las subvenciones a la inversión en instalaciones para la producción de calor a partir principalmente de energía solar térmica o biomasa. No obstante, el efecto sobre el consumo de las energías renovables de estas últimas medidas ha sido menor.

A raíz de los resultados alcanzados consideramos que las siguientes recomendaciones facilitarían la optimización del consumo de energía e incidirían favorablemente en la economía. Se estima imprescindible actuar en cuatro campos, que serán desarrollados en los párrafos siguientes:



1. Desacoplamiento entre crecimiento económico y consumo de energía.
2. Cambio conductual en el uso de la energía.
3. Evaluación y monitorización de los consumos de energía.
4. Compromiso político-social, legislación y procedimientos administrativos.

Bibliografía

- Agencia Andaluza de la Energía, AAE (2004). *Datos energéticos 2003*
- Agencia Andaluza de la Energía, AAE (2015) INFO_ENERGÍA
<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/info-web/loginController>
 (Consultado 15/11/2015).
- Ang, B.W., Mu, A.R., Zhou, P. (2010). *Accounting frameworks for tracking energy efficiency trends. Energy Economics* 32, 1209-1219.
- Ang B.W. (2015). *LMDI decomposition approach: A guide for implementation. Energy Policy*, 86, 233-238
- 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.
- Belzer (2014). *A Comprehensive System of Energy Intensity Indicators for the U.S.: Methods, Data and Key Trends. U.S. Department of Energy.*
- Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, CEDT (2003). *Plan Energético de Andalucía 2003 – 2006 (PLEAN)*.
- Consejería de Innovación Ciencia y Empresa, CICE (2007). *Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007 – 2013 (PASENER)*.
- European Commission (2010). *Communication from the European Commission. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth COM (2010) 2020 final.*
- European Commission. 2011. *Energy Roadmap 2050. COM (2011) 885 final.*
- European Commission (2014). *A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. COM (2014) 15 final*
- Eurostat (2008). *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Table. European Commission*
- Hospidio L., Moreno-Galbis E. (2015). *The Spanish productivity puzzle in the great recession. Banco de España. Documentos de trabajo n° 1501.*
- Hoekstra, R., Michel, B., & Suh, S. (2016). *The emission cost of international sourcing: using structural decomposition analysis to calculate the contribution of international sourcing to CO2-emission growth. Economic Systems Research*, 28(2), 151-167.
- IECA (2015). *Contabilidad Regional Anual de Andalucía. Base 2010. Serie 1995-2014.*
<http://www.ieca.junta-andalucia.es/craa/index.htm> (Consultado 1/12/2015)
- INE (2015). *Contabilidad Nacional de España.*



- INE (2016a). Encuesta población activa. <http://www.ine.es/> Consultada 31/01/2016
- INE (2016b). *Principales series de población desde 1998*. www.ine.es Consultada 31/01/2016
- Lan, J., Malik, A., Lenzen, M., McBain, D., Kanemoto, K. (2016). *A structural decomposition analysis of global energy footprints*. *Applied Energy*, 163, 436-451.
- Leontief W. (1936). *Quantitative input and output relations in the economic systems of the United States*. *The review of economic statistics*, 105-125.
- Leontief W. (1970). *Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach*. *Rec. Econ. Stat.* 52 (3), 262 – 271.
- Leontief W., Ford D. (1972). Air pollution and the economic structure: empirical results of input-output computations. In: Brody, A. Carter A. (Ed). *Input-output Techniques*. North-Holland, Amsterdam, 9 -30.
- Miller, R. E., Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, MAAMA (2015). *Sistema español de inventario de emisiones*. <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/> (Consultado 23/10/2015).
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo, MINETUR (2015). *Estadísticas y Balances Energéticos*. http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/BALANCES/PUBLICACIONES/Paginas/Publicaciones_estadisticas.aspx
- Ministerio de Fomento, MF (2013). *Evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte terrestre*
- Soza Amigo S.A. (2007). *Análisis estructural input-output: antiguos problemas y nuevas soluciones*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
- Su B., Ang B.W. (2013). *Input-output of CO₂ emissions embodied in trade: Competitive versus non-competitive imports*. *Energy Policy*, 56, 83 – 87.