

Sector Energético Andaluz y Emisiones de CO₂: Un Análisis SAM

M. Alejandro Cardenete. macardenete@upo.es. Dpto. de Economía. Universidad Pablo de Olavide.
Patricia D. Fuentes Saguar¹. pfuesag@upo.es. Dpto. de Economía. Universidad Pablo de Olavide.
Clemente Polo. clemente.polo@uab.es. Dpto. de Economía. Universidad Autónoma de Barcelona.

ABSTRACT

El uso de bienes energéticos por parte de las actividades productivas es el principal causante de los gases que provocan el efecto invernadero, siendo esta cuestión objeto de numerosos estudios en las últimas décadas debido a una creciente concienciación acerca de la necesidad de frenar el cambio climático. En este artículo nos centramos en el análisis del sector energético andaluz y en las emisiones de CO₂ que generan sus ramas productivas directa e indirectamente. Para ello se utiliza una metodología de descomposición de multiplicadores partiendo de la Matriz de Contabilidad Social (MCS) de Andalucía para el año 2000, que permite separar el vector de producción del subsistema energético en distintos efectos en función de a que usos va destinada esa producción. Para convertir las unidades monetarias del modelo en unidades físicas de emisión se utiliza un vector de coeficientes de emisión por unidad de gasto, que permite diferenciar la importancia de los diferentes efectos en las emisiones totales generadas para satisfacer la Demanda Final del sector energético y en la emisión directa generada en la producción del sector, así como conocer el peso que tienen estas emisiones en las generadas por el total de las actividades productivas. Las conclusiones obtenidas con este ejercicio pueden orientar a las diferentes políticas aplicables, aunque hay que tener presente que éste es un sector con una importante discriminación de precios que explica en algunos casos los diferentes resultados obtenidos.

JEL: C67, D57, Q43 Q51, R15.

¹ Dirección postal: Departamento de Economía, Universidad Pablo de Olavide, Carretera de Utrera, Km.1, 41013, Sevilla.

1. Introducción.

La energía constituye una pieza clave para el desarrollo económico, por un lado por su importancia como sector, tanto por su peso en la economía como por su carácter estratégico, al ser un input necesario para cualquier actividad productiva. Por otro lado, es un bien imprescindible para el desarrollo de la vida de las personas, directamente relacionado con el bienestar de los ciudadanos.

Por otra parte el uso de energía es a su vez el principal responsable de las emisiones contaminantes a la atmósfera, cuestión esta de gran relevancia teniendo en cuenta que uno de los retos a los que se enfrenta actualmente la Unión Europea es el cambio climático.

En este sentido una política energética debe estar diseñada haciendo compatibles los objetivos de seguridad de suministro energético, protección del medioambiente y competitividad de los mercados energéticos con un crecimiento sostenible. Estas son las directrices que marca la Unión Europea en el campo de la energía.

La Directiva Europea que ratificaba el Protocolo de Kyoto 2002/358/CE limita a un 15% el aumento de las emisiones de gases efecto invernadero en España para el promedio de 2008-2012 respecto a las de 1990. Sin embargo a día de hoy parece un objetivo de difícil cumplimiento si no se toman medidas mas efectivas, ya que en 2006 las emisiones totales en nuestro país superaron a las de 1990 en un 48%², triplicando el objetivo marcado para España. Las emisiones en Andalucía suponen alrededor de un 14% de las emisiones totales nacionales, sin embargo la tasa de crecimiento de éstas ha sido mayor que en el territorio nacional³.

En este artículo tratamos de identificar en qué usos y sectores energéticos podrían estar las claves que determinaran futuras políticas energéticas. Es bien sabido que el uso de bienes energéticos por parte de algunos sectores genera altas emisiones a la atmósfera, como es el caso del transporte, sin embargo en este artículo nos queremos centrar en el análisis del propio sector energético

² Nieto y Santamarta (2007).

³ Nieto y Santamarta (2003).

andaluz y en los usos a los que va destinada su producción, intentando identificar cuales son las emisiones que generan en su proceso productivo cada una de sus ramas y qué componentes de su demanda total son los que mayor efecto arrastre tienen en su producción y por lo tanto en las emisiones que generan.

Para ello proponemos el uso de una metodología de descomposición de multiplicadores que separa la producción y las emisiones de CO₂ del sector energético en distintos efectos.

La información estadística principalmente utilizada es la Matriz de Contabilidad Social de Andalucía para el año 2000 (SAMAND00) de Cardenete, Fuentes y Polo (2007), y el Marco Input-Output de Andalucía para el año 2000 (MIOAN00)⁴ elaborada por el Instituto de Estadística de Andalucía. Para contrastar los resultados obtenidos utilizamos el Inventario de Emisiones para el año 2000 que elabora la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía (2003).

La estructura de este trabajo es la siguiente, en el segundo epígrafe desarrollamos la metodología de descomposición de multiplicadores; en el tercero enlazamos los distintos efectos obtenidos con las emisiones de CO₂. En el cuarto apartado presentamos la aplicación que hemos realizado y los resultados obtenidos. Finalmente, exponemos las conclusiones de nuestro análisis.

2. Metodología de descomposición de multiplicadores.

En este apartado presentamos una metodología de descomposición de multiplicadores partiendo de la SAMAND00, que permite separar la producción del subsistema⁵ energético en diferentes efectos.

Partiendo del Modelo general de Leontief,

$$X = A \cdot X + Y; \quad (1)$$

⁴ Que utilizamos para transformar la SAMAND00 de precios de adquisición a precios básicos.

⁵ Para una ampliación del análisis de subsistemas en el Marco Input- Output ver Sraffa (1960), Heimler (1991), y Sánchez-Choliz y Duarte (2003).

El sistema económico representado en la SAM está compuesto por n sectores que pertenecen al conjunto $N = (1, 2, \dots, i, \dots, n)$. Siendo I la Matriz identidad ($n \times n$), X el vector columna ($n \times 1$) de producción, Y el vector columna ($n \times 1$) de demanda final, y A la matriz ($n \times n$) de coeficientes técnicos de la SAM, operando obtenemos,

$$X = (I-A)^{-1} \cdot Y; \quad (2)$$

Si llamamos $B = (I-A)^{-1}$, tenemos que $X = B \cdot Y$, siendo B la inversa de Leontief. Sustituyendo B en (1) obtenemos,

$$X = A \cdot B \cdot Y + Y; \quad (3)$$

A continuación, y siguiendo a Alcántara & Padilla (2007), limitamos el modelo a las i ramas productivas ($\hat{I} N$), separando la matriz A (ahora de orden $i \times i$) en dos, de acuerdo con la propiedad aditiva de las matrices, siendo E el conjunto de las ramas productivas que pertenecen al sector energético, y R el conjunto de las ramas productivas no energéticas, por lo que $i=E+R$.

$$A = \begin{pmatrix} A_{EE} & A_{ER} \\ A_{RE} & A_{RR} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{EE} & 0 \\ 0 & A_{RR} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{ER} \\ A_{RE} & 0 \end{pmatrix}; \quad (4)$$

Podemos escribir $A \cdot B$ como,

$$\left[\begin{pmatrix} A_{EE} & 0 \\ 0 & A_{RR} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{ER} \\ A_{RE} & 0 \end{pmatrix} \right] \cdot \begin{pmatrix} B_{EE} & B_{ER} \\ B_{RE} & B_{RR} \end{pmatrix}; \quad (5)$$

Y si escribimos la ecuación completa tenemos,

$$\begin{pmatrix} X^E \\ X^R \end{pmatrix} = \left[\begin{pmatrix} A_{EE} & 0 \\ 0 & A_{RR} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{ER} \\ A_{RE} & 0 \end{pmatrix} \right] \cdot \begin{pmatrix} B_{EE} & B_{ER} \\ B_{RE} & B_{RR} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y_E \\ Y_R \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_E \\ Y_R \end{pmatrix}; \quad (6)$$

Siendo:

X^R : vector columna ($R \times 1$) que expresa la producción de las ramas productivas que no pertenecen al sector energético.

X^E : vector columna ($E \times 1$) que expresa la producción de las ramas productivas que pertenecen al sector energético.

Y^R : vector columna ($R \times 1$) que expresa la demanda final de las ramas productivas que no pertenecen al sector energético.

Y^E : vector columna ($E \times 1$) que expresa la demanda final de las ramas productivas que pertenecen al sector energético.

Suponiendo ahora que la demanda final no energética es nula,

$$\begin{pmatrix} X^E \\ X^R \end{pmatrix} = \left[\begin{pmatrix} A_{EE} & 0 \\ 0 & A_{RR} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{ER} \\ A_{RE} & 0 \end{pmatrix} \right] \cdot \begin{pmatrix} B_{EE} & B_{ER} \\ B_{RE} & B_{RR} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y^E \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y^E \\ 0 \end{pmatrix}; \quad (7)$$

Operando esta ecuación obtenemos:

$$A_{EE} \cdot B_{EE} \cdot Y^E + A_{ER} \cdot B_{RE} \cdot Y^E + Y^E = X^E; \quad (8)$$

$$A_{RR} \cdot B_{RE} \cdot Y^E + A_{RE} \cdot B_{EE} \cdot Y^E + 0 = X^R; \quad (9)$$

La primera expresión (8) es la ecuación del subsistema productivo energético distribuida en función de quién demanda esa producción, el primer término representa el Efecto Propio (EP), es decir, la producción del sector energético que depende de la demanda del propio sector energético para satisfacer a su demanda final, y que denotamos como Y_{EP} . El segundo término de la ecuación es el efecto Feed-Back (EFB), que representa la producción del sector energético para otros sectores, para que éstos puedan producir lo que el sector energético les demanda para satisfacer a su demanda final (Y_{EFB}). Por último, el tercer término es el Efecto Escala (ES), que es la demanda final del sector energético (Y_{ES}).

La segunda ecuación (9) representa al llamado Efecto Spill-Over (ESO), que es la producción que el vector no energético tiene que obtener para satisfacer al sector energético para que éste produzca para satisfacer a su demanda final (Y_{ESO}). Hay una relación entre el EFB y el ESO, el EFB es la producción del sector energético que posibilita el ESO.

Por lo tanto tenemos que el Efecto Total (ET), es decir, la producción necesaria para satisfacer a la demanda final energética que denotamos como Y_{EP} , será la suma de los cuatro efectos anteriores.

$$Y_{ET} = Y_{ES} + Y_{EP} + Y_{EFB} + Y_{ESO}; \quad (10)$$

Si diagonalizamos el vector Y (\hat{Y}) en cada término de la ecuación obtendremos la producción necesaria por ramas energéticas.

3. Emisiones de CO₂.

Para enlazar el análisis anterior con las emisiones de CO₂ necesitamos un vector que transforme las unidades monetarias del modelo en unidades de emisión, para ello utilizamos un vector de factores de emisión⁶ f ($E \times 1$) por unidad energética consumida. Operando con este vector podemos obtener a partir de la SAM en primer lugar las emisiones de CO₂ para Andalucía para el año 2000, tanto vía producción como vía consumo final, que nos servirá para contrastar la validez de nuestra aplicación comparando los resultados obtenidos con los que ofrece el Inventario de Emisiones. En segundo lugar obtenemos un vector columna c ($i \times 1$) de emisiones por unidad producida. Este vector lo dividimos en dos, c_E ($E \times 1$) para los sectores energéticos, y c_R ($R \times 1$) para el resto de actividades productivas.

Operando con estos dos vectores, los diferentes efectos que calculamos en el apartado anterior pueden ser expresados en términos de emisiones de CO₂, tal y como exponemos a continuación,

$$\text{Emisiones del Efecto Escala: } EES = c_E' \cdot Y_E; \quad (11)$$

$$\text{Emisiones del Efecto Propio: } EEP = c_E' \cdot A_{EE} \cdot B_{EE} \cdot Y_E; \quad (12)$$

$$\text{Emisiones del Efecto Feed- Back: } EEFB = c_E' \cdot A_{ER} \cdot B_{RE} \cdot Y_E; \quad (13)$$

⁶ Este vector lo obtenemos partiendo de los datos que facilitan Manresa y Sancho (2004) para el año 1987, que son actualizados al año 2000 utilizando índices de precios desagregados construidos por el INE. En este trabajo consideramos que las emisiones por unidad monetaria de bien energético utilizado solo varían a causa de las variaciones de precios, y que la reducción de emisiones solo procede de una menor cantidad consumida de bienes energéticos por una mayor eficiencia.

$$\text{Emisiones del Efecto Spill-Over: } EESO = c_R' \cdot (A_{RR} \cdot B_{RE} + A_{RE} \cdot B_{EE}) \cdot Y_E; \quad (14)$$

Para obtener las emisiones por ramas para el ES y el ESO, hay que diagonalizar el vector Y (\hat{Y}), con lo que obtenemos para las emisiones del EE el vector e_{SE} ($1 \times E$),

$$e'_{EE} = c_E' \cdot \hat{Y}_E; \quad (15)$$

Siendo estas las emisiones generadas por cada rama energética al producir las unidades que requiere su Demanda Final.

Y para el ESO obtenemos el vector e_{ESO} ($1 \times R$),

$$e'_{ESO} = c_R' \cdot (A_{RR} \cdot B_{RE} + A_{RE} \cdot B_{EE}) \cdot \hat{Y}_E; \quad (16)$$

Este vector se compone de las emisiones que genera cada una de las ramas no energéticas al producir lo que el sector energético les demanda para poder satisfacer a su Demanda Final.

Para los EP y EFB vamos a calcular dos vectores de emisiones por ramas para cada uno de ellos. En el primero calcularemos las emisiones del sector energético para satisfacer a la Demanda Final de cada rama del sector y que denotaremos con el subíndice D , y el segundo, que diferenciamos con el subíndice P , está formado por las emisiones que genera la producción de cada rama energética para satisfacer la Demanda Final del sector energético en su conjunto.

Si queremos obtener las emisiones generadas por la producción del sector energético destinada a satisfacer las necesidades de inputs energéticos que tiene cada rama para satisfacer a su Demanda Final, hay que diagonalizar el vector Y (\hat{Y}), con lo que obtenemos para las emisiones del Efecto Escala el vector e_{EED} ($1 \times E$):

$$e'_{EPD} = c_E' \cdot A_{EE} \cdot B_{EE} \cdot \hat{Y}_E; \quad (17)$$

Cada valor de este vector serían las emisiones generadas por la producción de todo el sector energético derivadas de las necesidades de inputs energéticos que tiene cada rama energética para satisfacer a su Demanda Final. En este caso los resultados obtenidos nos pueden indicar el efecto arrastre que tiene la Demanda Final de cada rama energética sobre todo el sector.

De la misma forma obtenemos las emisiones debidas al EFBD,

$$e'_{EFBD} = C_E' \cdot A_{ER} \cdot B_{RE} \cdot \hat{Y}_E ; \quad (18)$$

Siendo cada elemento de este vector las emisiones generadas por el sector energético en su conjunto al producir lo que las ramas no energéticas necesitan para poder producir lo que cada rama energética les demanda para satisfacer a su demanda final.

Por otro lado podemos obtener las emisiones sectoriales energéticas diagonalizando Y_{EP} (\hat{Y}_{EP}), es decir, el vector de producción del EP en (10), siendo, de forma que operando:

$$e'_{EPP} = C_E' \cdot \hat{Y}_{EP} ; \quad (19)$$

Igualmente,

$$e'_{EFBP} = C_E' \cdot \hat{Y}_{EFBP} ; \quad (20)$$

En (19) obtenemos para cada rama las emisiones de la parte de su producción derivada de las necesidades de inputs de esa rama que tiene todo el sector energético para satisfacer a la Demanda Final Energética. En este caso los resultados obtenidos pueden interpretarse como un efecto arrastre que tiene la Demanda Final del sector energético en su conjunto sobre cada rama del sector energético.

En (20) tenemos las emisiones que genera cada rama energética al producir lo que los sectores no energéticos le demandan para que éstos

puedan producir lo que el sector energético en su conjunto necesita para satisfacer a su Demanda Final.

Por lo tanto, el Efecto Total (EET) en términos de emisiones generadas, directa o indirectamente, para satisfacer a la demanda final energética sería:

$$EET = EES + EEP + EEFB + EESO ; (21)$$

El Efecto Total generado por las emisiones del sector energético derivadas de la Demanda Final (EETD) de cada una de sus ramas sería el vector e_{ETD} ($1 \times E$):

$$e_{ETD} = e_{EE} + e_{ESO} + e_{EPD} + e_{EFBD}; (22)$$

Y el Efecto Total generado por las emisiones de cada rama del sector energético para satisfacer a la Demanda Final del sector en su conjunto sería (EETP):

$$e_{ETP} = e_{EE} + e_{ESO} + e_{EPP} + e_{EFBP}; (23)$$

Por otra parte, podemos utilizar la ecuación (6) y hacer cero esta vez el vector Y_E , para obtener las ventas que hace el sector energético al resto de sectores para que éstos puedan satisfacer a su propia demanda final. Siguiendo el mismo procedimiento que hemos seguido en el apartado anterior obtendríamos,

$$A_{EE} \cdot B_{ER} \cdot Y_R + A_{ER} \cdot B_{RR} \cdot Y_R + 0 = X^E_R; (24)$$

Si multiplicamos esta expresión por el vector de emisiones tendremos las emisiones generadas por ventas a otros sectores para satisfacer su demanda,

$$E_R = C_E' \cdot X^E_R; (25)$$

Y las emisiones por cada rama del sector energético por ventas a otros sectores serían,

$$e_R' = C_E' \cdot \hat{X}^R_E ; (26)$$

Finalmente, las emisiones directas (ED) generadas por la producción de cada rama del sector las podemos obtener de la siguiente forma:

$$\theta_{ED} = \theta_R + \theta_{EE} + \theta_{EPP} + \theta_{EFBP}; \quad (27)$$

4. Aplicación y resultados.

En la Tabla Nº 1 podemos ver la información disponible sobre emisiones en Andalucía para el año 2000 (Inventario de Emisiones, Consejería de Medioambiente, 2003), y los resultados obtenidos aplicando nuestro modelo.

Tabla 1: Emisiones de CO₂ en Andalucía para el año 2000.

	Inventario (kt CO ₂)	Modelo (kt CO ₂)
Actividades Productivas	43.214	41.613,9
Sector Eléctrico	14.102	16.258,35
Sector Petroquímico	4.507	6.066,66
Demanda Final Interior	3.084	3.931,5
Emisiones totales	46.298	45.545,44

Fuente: Inventario de Emisiones, Consejería de Medioambiente, 2003.

Elaboración propia.

Como podemos observar en los resultados obtenidos en este trabajo las diferencias con los datos que proporciona el inventario de emisiones son poco significativas, obteniendo nuestro modelo unas emisiones totales y sectoriales ligeramente inferiores (1,6%), y unas emisiones ligeramente superiores en el consumo doméstico y en la producción de los sectores eléctrico y petroquímico, que son los sectores productivos mas contaminantes. Por lo tanto, en adelante basaremos el análisis en los datos obtenidos con nuestro modelo.

El consumo final de energía representa algo menos del 16% del total de consumo energético (sin incluir las exportaciones, si las incluimos representa cerca del 30%), y cerca del 9% de las emisiones, por lo que podría parecer que el consumo final es menos contaminante que las actividades productivas, pero

probablemente esto está explicado por la diferencia de precios según usos, que suelen ser mas altos para la demanda final.

Aplicando la metodología de descomposición de multiplicadores a la SAMAND00 (Tabla 2) y operando con los vectores de emisiones obtenemos los siguientes resultados.

Tabla Nº 2:

Emissiones* Totales y Directas de CO₂ generadas por el sector energético andaluz (2000).

	Carbón	Petróleo y Gas Natural**	Refino de petróleo	Producción y distribución de energía eléctrica	Producción y distribución de gas	TOTAL SECTOR ENERGÉTICO
% EPD/ETD	5.90	0.00	16.50	14.80	59.10	15.60
% EFBD/ETD	0.30	0.00	1.80	0.20	2.30	0.64
% EE/ETD	93.00	0.00	75.40	84.50	31.50	81.64
% ESO/ETD	0.80	0.00	6.30	0.50	7.10	2.12
ETD	115.97	0.00	2,089.40	5,633.32	83.94	7,922.63
% ETD/ Emisiones Sectoriales	0.28	0.00	5.02	13.54	0.20	19.04
% EPP/ETP	52.72	0.00	7.92	16.64	8.25	15.60
% EFBP/ETP	0.02	0.00	0.47	0.71	0.84	0.64
% EE/ETP	46.83	0.00	84.50	82.16	74.13	81.64
% ESO/ETP	0.42	0.00	7.10	0.49	16.78	2.12
ETP	230.25	0.00	1,863.56	5,793.12	35.70	7,922.63
% ETP/ Emisiones Sectoriales	0.55	0.00	4.48	13.92	0.09	19.04
ER	229.11	0.00	1,273.62	10,493.69	46.04	12,042.46
% ER/ED	49.98	0.00	42.39	64.54	60.78	60.83
% ER/ Emisiones Sectoriales	0.55	0.00	3.06	25.22	0.11	28.94
ED	458.39	0.00	3,004.84	16,258.36	75.75	19,797.34
% ED/ Emisiones Sectoriales	1.10	0.00	7.22	39.07	0.18	47.57

(*) Expresadas en Kilotoneladas (kt).

(**) Hemos querido incluir esta columna para representar a todo el sector energético, aunque todos sus valores son cero al no haber producción interior de petróleo y gas natural.

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en la tabla, las emisiones directas, es decir, aquellas debidas a la producción del sector energético suponen casi el 50% de las emisiones de todas las actividades productivas (y algo mas de un 40% del

total de emisiones en Andalucía), mientras que las emisiones debidas a la demanda final energética son de algo menos de un 20% de las emisiones sectoriales. Estos datos reflejan el importante efecto arrastre que la Demanda Final de las ramas no energéticas tienen sobre las emisiones que genera el sector energético, lo que podemos ver en las emisiones generadas por ventas a otros sectores, que suponen algo más de un 60% de las emisiones directas del sector, y de cerca de un 30% de las emisiones totales sectoriales.

Como ya explicábamos en el apartado anterior, hemos dividido las emisiones debidas al Efecto Total en dos tipos, las generadas por todo el sector energético para satisfacer a la demanda final de cada sector energético (ETD), y las generadas por cada sector energético para satisfacer a la demanda final total energética (ETP). El interés de diferenciarlas está en que en el caso de la ETD valoramos el efecto arrastre que tiene la demanda final de cada sector energético (por ejemplo, el carbón) en las emisiones generadas por la economía en su conjunto, mientras que el ETP nos indica el efecto arrastre que tiene la demanda final de todo el sector energético en las emisiones generadas por un sector energético (de nuevo, por ejemplo el carbón), como veremos a continuación.

Por sectores, podemos ver como hay dos sectores en los que las ETP son superiores a las ETD, Sector eléctrico y Carbón, lo que quiere decir que el efecto que tiene la demanda total energética en las emisiones generadas por estos sectores es superior al efecto que la demanda final de estos sectores tiene en las emisiones generadas por todo el sector energético⁷. En el caso del sector eléctrico las emisiones directas suponen un 39% de las emisiones de las actividades productivas, siendo este sector el que mayores emisiones a la atmósfera genera de toda la economía andaluza⁸. Por otra parte, en este sector la diferencia entre los dos tipos de ET es apenas perceptible, siendo en ambos casos de algo menos de un 14% de las emisiones sectoriales, lo que sigue siendo una cifra significativa. Sin embargo en el caso del Carbón, cuyas

⁷ Estamos ignorando en este análisis las emisiones debidas al ESO por tratarse de cantidades pequeñas.

⁸ Una de las razones que explican que el sector eléctrico sea el más contaminante de la economía andaluza es que utiliza un alto porcentaje de la producción de carbón, al ser este bien energético el que mayores emisiones genera al ser consumido.

emisiones directas suponen un 1,10% de las emisiones sectoriales, la diferencia entre el ETD y ETP son muy grandes, siendo estas últimas de casi el doble que las debidas a la Demanda Final de Carbón. Aunque estamos hablando de porcentajes muy bajos en las emisiones sectoriales, hay que señalar que este sector se ve mucho mas afectado por la Demanda Final del resto de sectores energéticos de lo que el resto de sectores energéticos se ve por la Demanda Final de Carbón. Esto viene explicado porque la mayor parte de su producción va destinada como input a las ramas energéticas, en especial al sector eléctrico, mientras que han perdido importancia sus usos finales.

En el caso del Sector de Refino y del de Gas, su ETD en términos de emisiones es mayor que su ETP. Para el Sector de Refino, que supone unas emisiones directas de algo mas de un 7% de las emisiones sectoriales, el ETD es el máximo responsable de las emisiones generadas por este sector (un 5% de las emisiones sectoriales), lo que nos muestra la importancia que tiene en términos de emisiones la demanda final (EE) de este sector, seguramente por el transporte privado⁹ y por las exportaciones (destinándose a ambos usos algo mas del 50% de la producción del sector). El sector de Gas es el que menos emisiones genera a la atmósfera, no llegando al 0,2% de las emisiones totales sectoriales, pero en este caso son muy significativas las emisiones generadas por el ETD en relación con el resto, siendo superiores a las ED generadas por el sector, y mas del doble de las ETP. La explicación la encontramos en el EPD, cuyo valor es superior a las emisiones generadas por el sector por ventas a otros sectores, lo que nos muestra el importante efecto que tiene la demanda final de este sector en el resto de sectores. Finalmente consideramos necesario comentar que aunque el ESO en todos los casos representa un porcentaje muy bajo de las emisiones sectoriales, en estas dos ramas tiene un porcentaje relativamente alto, sobre todo en el caso del Gas, en las ETP (7,1% en el caso del Refino de Petróleo, y 16,78% en la rama del Gas), lo que viene a corroborar el mayor efecto arrastre que tiene la demanda final de estos sectores no sólo sobre el resto de ramas energéticas, sino también sobre el resto de actividades productivas.

⁹ El transporte privado se imputa en el marco Input-Output de Andalucía para el año 2000, y por lo tanto en la SAMAND00, a la fila de Refino de Petróleo y a la columna de Consumo privado.

5. Conclusiones.

En este trabajo hemos desarrollado una metodología que estima las emisiones de CO₂ de la economía andaluza, centrándonos en el análisis de las ramas productivas del sector energético.

La metodología aplicada nos permite obtener las emisiones directas generadas por cada rama del sector energético, las emisiones totales, directas e indirectas, que se generan para satisfacer a la demanda final energética, y separar estas emisiones en diferentes efectos. El cálculo de estas emisiones nos puede ayudar a detectar cuales son las ramas energéticas que mas emisiones generan a la atmósfera, y, sobre todo, cuales son aquellas demandas que mayor efecto multiplicador tienen en las emisiones generadas en la economía y cuales son las ramas energéticas mas afectadas por estas demandas.

Los resultados son en algunos casos lo esperados, sobre todo en relación con las emisiones directas, ya que el sector eléctrico es por si solo responsable de casi un 40% del total de emisiones que generan las actividades productivas, siendo el sector más contaminante de la economía andaluza. Le sigue en importancia el sector de refino de petróleo con algo más de un 7%, representando ambos sectores casi el 50% del total de emisiones sectoriales.

Por el contrario, en relación a los diferentes efectos que forman el Efecto Total la cosa cambia, ya que aunque el sector eléctrico sigue representando el mayor porcentaje en las emisiones sectoriales, las diferencias con el resto de sectores son menores. Esto está explicado por la importancia que tienen las ventas a otros sectores en términos de emisiones directas generadas por el sector eléctrico, suponiendo una cuarta parte de las emisiones sectoriales. En el caso del sector de refino de petróleo destaca el alto porcentaje que suponen las emisiones derivadas de su efecto escala, siendo casi el doble de las emisiones debidas a ventas a otros sectores; en este caso la explicación la podemos encontrar en los altos valores que tienen las ventas de este sector tanto al consumo final privado como al sector exterior, en relación con el total de su producción.

En cuanto a los otros sectores, hay que señalar las altas emisiones unitarias que genera el sector de carbón, y las bajas emisiones por unidad producida del sector de Gas.

Los resultados obtenidos con este ejercicio pueden contribuir a orientar a futuras políticas aplicables, aunque hay que tener presente que éste es un sector con una importante discriminación de precios que explica en algunos casos los diferentes resultados obtenidos. Una interesante ampliación de este trabajo podría consistir en tener en cuenta esas diferencias de precios.

6. Referencias Bibliográficas.

- ALCÁNTARA, V., PADILLA, E. (2007): "Subsistemas Input-Output y contaminación: Una aplicación al Sector Servicios y las Emisiones de CO₂ en España". *II Jornadas Españolas de Análisis Input-Output Zaragoza: Crecimiento, Demanda y Recursos naturales*. Libro de Comunicaciones. Zaragoza, Septiembre 2007.
- ALCÁNTARA, V., ROCA, J. (1995): "Energy and CO₂ emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980-90". *Energy Economics*, Vol. 17, Nº 3, pp. 221-230.
- ANTÓN VALERO, V.; DE BUSTOS GUADAÑO, A. (1995): "La emisión de CO₂ y su problemática comunitaria. Un método de estimación general". Documento de trabajo SGPS-95005. Dirección General de Planificación. Ministerio de Economía y Hacienda.
- CARDENETE, M.A., MONICHE, L. (2001): "El nuevo marco Input-Output y la SAM de Andalucía para 1995". *Cuadernos de CC.EE. y EE*. Nº 41, 2001, pp. 13-31.
- CE (2002): Directiva 2002/358/CE, de 25 de abril de 2002, del Consejo Europeo, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo.
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (2003). *Inventario de Emisiones de Andalucía*. Junta de Andalucía.

- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE (1995). *La Tabla Input-Output medioambiental de Andalucía 1990*. Junta de Andalucía.
- DEFOURNY, J., THORBECKE, E. (1984): "Structural Path analysis and Multiplier Decomposition within a Social Accounting Framework", *The Economic Journal*, nº 94, pp. 111-136.
- HEIMLER, A. (1991): "Linkages and vertical integration in the Chinese economy", *Review of Economics and Statistics*, 73, pp.261-267.
- INSTITUTO DE ESTADÍSTICA DE ANDALUCÍA (1999): *Sistema de Cuenta Económicas de Andalucía. Marco Input-Output 1995*. Volumen I y II. Edit. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla. España.
- KEHOE, T.J., MANRESA, A., POLO, C., y SANCHO, F. (1988): "Una Matriz de Contabilidad Social de la Economía española", *Estadística Española*, Vol. 30, Nº 117.
- MANRESA, A. y SANCHO, F. (2004): "Energy intensities and CO₂ emissions in Catalonia: a SAM analysis", *International Journal Environment, Workplace and Employment*, Vol. 1, No 1, pp. 91-106.
- NIETO, J. y SANTAMARTA, J. (2003): *Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España*. CC.OO. Madrid.
- NIETO, J. y SANTAMARTA, J. (2007): *Evolución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (1990-2006)*. CC.OO. Madrid.
- PYATT, G. y ROUND, J. (1979): "Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Framework". *Economic Journal*, Nº 89.
- SÁNCHEZ CHÓLIZ, J. Y DUARTE, R. (2003): "Analysing pollution by vertically integrated coefficients, with an application to the water sector in Aragon", *Cambridge Journal of Economics*, 27, pp.433-448.
- SRAFFA (1960) *Production of Commodities by Means of Commodities*. Cambridge University Press, Cambridge.
- STONE, R. (1962): "A Social Accounting Matrix for 1960". *A Programme for Growth*. Edit. Chapman and Hall Lid. London.