

CARACTERIZACIÓN DE LOS SECTORES INDUSTRIALES ESPAÑOLES DESDE  
UNA PERSPECTIVA MEDIOAMBIENTAL

D57, Q40, Q50

Carmen Ramos Carvajal

Departamento de Economía Aplicada

Avda. del Cristo s/n, 33071 Oviedo

Tfno. 985105054

e-mail. cramos@uniovi.es

RESUMEN:

En este trabajo se realizará una caracterización de los sectores industriales españoles, de acuerdo a un conjunto de variables medioambientales.

Para efectuar dicha caracterización se empleará, por un lado, la metodología input-output, por considerarla muy adecuada dadas las ventajas que presenta frente a otras metodologías, como son permitir la construcción de modelos híbridos de variables económicas y físicas, y la determinación de estudios de impacto a partir de la construcción de multiplicadores.

Por otra parte, y con el objetivo de efectuar un tratamiento global de toda la información considerada, se aplicará la técnica de análisis multivariante de componentes principales.

# CARACTERIZACIÓN DE LOS SECTORES INDUSTRIALES ESPAÑOLES DESDE UNA PERSPECTIVA MEDIOAMBIENTAL

## 1-INTRODUCCIÓN

La preocupación por temas mediambientales es una cuestión que dada su importancia suscita un amplio debate en todos los niveles de la sociedad, tanto del ciudadano, como del decidor político y desde los foros académicos.

El objetivo de este trabajo enlaza con la idea de la necesidad de indicadores que permitan realizar un seguimiento de la situación medioambiental, para alcanzar dicho objetivo proponemos como instrumento de análisis la metodología input-output, por su capacidad de diagnóstico y síntesis. Dicha metodología ha sido aplicada por otros autores, como por ejemplo, Alcántara (2003, 2007), Sánchez Chóliz y Duarte (2003), o Haan y Keuning (1996), entre otros. Asimismo, y dado que se emplearán una batería de indicadores, se procederá al empleo del análisis multivariante, para llevar a cabo un tratamiento global de este volumen de información.

Nuestro interés se centra en caracterizar a los sectores industriales españoles de acuerdo a dicho conjunto de indicadores, el cual se estructurará en dos grupos: indicadores de corte económico e indicadores de corte físico. Por lo tanto, y como puede apreciarse, se empleará un modelo híbrido, en el que se consideren conjuntamente variables cuantificadas en términos monetarios, con aquellas otras medidas en unidades físicas.

Una vez definidos los indicadores, se procederá a analizar el comportamiento de los sectores industriales españoles en relación a los índices, a partir de la aplicación de un análisis multivariante, donde la principal técnica aplicada son los Componentes Principales.

## 2-METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo un estudio referente al comportamiento en relación al medioambiente de los sectores industriales españoles. Para ello analizaremos diferentes variables tanto económicas (inversión y gasto medioambiental) como físicas (intensidades de consumo energético y emisiones atmosféricas); esto es, se va a emplear un modelo híbrido en el cual se utilice tanto información económica como medida en unidades físicas. A partir, de las variables anteriormente señaladas se caracterizará a los sectores industriales españoles según un conjunto de indicadores medioambientales.

Comenzaremos este estudio aplicando la metodología de análisis fundamentada en el empleo del análisis Input-Output. Hemos decidido aplicar dicha metodología debido a las ventajas que consideramos que ello supone, al permitirnos detectar qué sectores económicos presentan una mayor intensidad en el consumo final energético. Para ello, se efectuará la adecuación del conocido modelo de Leontief de demanda al ámbito medioambiental.

Una Tabla Input-Output es una manera integrada de presentar datos de transacciones intersectoriales. El modelo de Leontief configura las relaciones entre las magnitudes económicas implicadas y permite analizar los efectos que cambios en ciertas magnitudes generan sobre otras.

Si consideramos las relaciones por filas tenemos el denominado modelo de demanda

$$\mathbf{x} = \mathbf{X}\mathbf{i} + \mathbf{y} \quad (1)$$

$\mathbf{x}$  representa el vector de producción total,  $\mathbf{i}$  es un vector de unos,  $\mathbf{X}$  es la matriz de producción intermedia e  $\mathbf{y}$  la demanda final.

Se definen los coeficientes técnicos  $a_{ij}$ , que se suponen constantes, como:

$$a_{ij} = \frac{X_{ij}}{x_j} \quad (2)$$

Los cuales pueden ser interpretados como la proporción de la producción del sector j que es adquirido al sector i respecto del total de la producción del sector j.

Considerando estos coeficientes, el modelo de Leontief puede ser reformulado de la siguiente manera:  $\mathbf{x}=\mathbf{Ax}+\mathbf{y}$ , donde la matriz  $\mathbf{A}$  es la matriz cuyos elementos son los coeficientes técnicos; si se opera convenientemente, se obtiene

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

La expresión  $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$  representa a la inversa de Leontief. Un elemento genérico (i,j) de esta matriz representa las necesidades directas e indirectas del bien i, precisas para satisfacer la demanda final del j.

La matriz inversa de Leontief puede ser expresada como un desarrollo en serie de potencias de matrices<sup>1</sup>, del siguiente modo:

$$(\mathbf{I}+ \mathbf{A}+\mathbf{A}^2 +\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h) \quad (4)$$

Pudiéndose observar los efectos directos en  $\mathbf{A}$  y los indirectos a través de  $\mathbf{A}^2+\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h$ .

Establecidas estas sencillas nociones sobre el análisis input-output, el primer paso consistirá en la determinación de los denominados coeficientes de consumo final energético directos, a partir de los cuales se pueden determinar qué sectores tienen mayor peso en el consumo energético, para ello, definiremos un vector cuyas componentes son los ratios de la forma

---

<sup>1</sup> Sea la siguiente descomposición de matrices:

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})(\mathbf{I}+\mathbf{A}+\mathbf{A}^2 +\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h)$$

Si ese producto es igual a  $\mathbf{I}$ , cuando  $h \rightarrow \infty$ , es que la expresión de la suma de la serie de potencias es la matriz inversa de Leontief, dado que  $(\mathbf{I}-\mathbf{A})\mathbf{D}=\mathbf{I}$ , si y sólo si,  $\mathbf{D}=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$ .

Por otra parte, el producto  $(\mathbf{I}-\mathbf{A})(\mathbf{I}+\mathbf{A}+\mathbf{A}^2 +\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h)$  es  $(\mathbf{I}-\mathbf{A}^{h+1})$ , pero dado que los coeficientes de la matriz  $\mathbf{A}^{h+1}$  son prácticamente cero, al ser menores que uno los de  $\mathbf{A}$ , se obtiene:

$$(\mathbf{I}-\mathbf{A})(\mathbf{I}+ \mathbf{A}+\mathbf{A}^2 +\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h)=\mathbf{I}$$

por lo tanto,  $(\mathbf{I}+ \mathbf{A}+\mathbf{A}^2 +\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h)=(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$ . Pudiéndose observar los efectos directos en  $\mathbf{A}$  y los indirectos a través de  $\mathbf{A}^2 +\mathbf{A}^3 \dots+\mathbf{A}^h$ .

$$e_i = \frac{c_i^p}{x_i} \quad (5)$$

Donde  $c_i^p$  con  $i=1,2, n$ , y  $p=1,2,\dots, j$  representa el consumo de energía  $p$  (carbón, gas, electricidad y energía renovables) en cada sector  $i$  considerado;  $x_i$  recoge la producción sectorial. Como ya se ha señalado, se está proponiendo un modelo híbrido de análisis, en el sentido de que se “mezclan” magnitudes en unidades físicas como son las emisiones, las cuales vienen medidas en KTep. con magnitudes cuantificadas en unidades monetarias, como la producción sectorial.

Sea entonces el vector  $\mathbf{e} = \{e_i\}$  con orden  $1 \times n$ , se verifica que  $\mathbf{e}'\mathbf{x}=\mathbf{E}$ , donde  $\mathbf{e}'$  es el vector  $\mathbf{e}$  transpuesto, y  $\mathbf{E}$  un escalar que recoge el consumo total.

Si sustituimos la expresión anterior en el modelo de demanda de Leontief obtenemos

$$\mathbf{s} = \hat{\mathbf{e}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{B}\mathbf{y} \quad (6)$$

Donde  $\mathbf{s}$  es un vector  $n \times 1$  de consumos sectoriales,  $\hat{\mathbf{e}}$  es una matriz diagonal, en cuya diagonal principal se sitúan los elementos  $e_i$ ,  $(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$  es la matriz inversa de Leontief, constituida por los multiplicadores e  $\mathbf{y}$  es el vector de demanda final, cuyo orden es  $n \times 1$ .

Con  $\mathbf{B}$  denotamos a la matriz híbrida producto  $\hat{\mathbf{e}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ , la cual puede ser interpretada en los siguientes términos: el crecimiento total que experimentarán los consumos energéticos ante un incremento en la demanda final, o lo que es lo mismo la intensidad de consumo energético sectorial.

Por lo tanto, podemos considerar una matriz  $\mathbf{B}$  que recoge la información de los efectos multiplicadores sobre los consumos energéticos vía demanda.

## 2-ANÁLISIS EMPÍRICO

El análisis empírico llevado a cabo se basa en la consideración de un conjunto de indicadores medioambientales, a partir de los cuales intentaremos obtener una serie de conclusiones relativas al comportamiento de los sectores bajo esta perspectiva.

### 2.1- INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

En el presente trabajo se utilizará la matriz de España relativa a 2007, por ser este el último año para el que se dispone de información. En dicho año se publican las matrices de origen y destino (no la matriz simétrica), por ello comenzaremos por construir una matriz simétrica a partir de la aproximación de la tecnología de industria, de la forma siguiente:

$$\mathbf{A_I} = \mathbf{DB}$$

Donde  $\mathbf{A_I}$  representa la matriz de coeficientes técnicos de las ramas de actividad. Por otra parte,  $\mathbf{M} = \mathbf{V}\hat{\mathbf{q}}^{-1}$ ,  $\mathbf{V}$  es la matriz de origen (Make Matrix) y  $\hat{\mathbf{q}}^{-1}$  es el vector de output total por producto.  $\mathbf{B} = \mathbf{P}\hat{\mathbf{g}}^{-1}$ ,  $\mathbf{P}$  representa la matriz de destino (Use Matrix) y  $\hat{\mathbf{g}}^{-1}$  es el vector de output total por sectores. A partir de la expresión siguiente, hemos construido la matriz simétrica.

Una vez que se dispone de dicha matriz, el paso siguiente ha sido determinar con cuáles indicadores iniciales se realizará el análisis, los cuales serán agrupados en dos categorías: indicadores económicos e indicadores físicos:

#### a) Indicadores económicos

INV: Recursos de capital adquiridos para ser utilizados en el proceso productivo durante más de un año en protección medioambiental.

GASC: Gastos corrientes cuyo principal objetivo sea la prevención, reducción, tratamiento o eliminación de la contaminación o cualquier otra degradación del medio ambiente que surge como resultado de la actividad del establecimiento.

ICCAR: Consumo final en carbón

ICPET: Consumo final en petróleo

ICGAS: Consumo final de gas

ICELEC: Consumo final en electricidad

ICREN: Consumo final en energía renovable

b) Indicadores físicos

ESOX: Emisiones de SOx

ENOX: Emisiones de NOx

ECH4: Emisiones de CH4

ECO2: Emisiones de CO2

ENH3: Emisiones de NH3

La información relativa a estos indicadores proviene del INE de las Cuentas satélite de emisiones a la atmósfera, Cuentas del gasto en Protección ambiental y Encuesta de consumos energéticos. Los agregación sectorial en la que aparecen las variables de estas estadísticas es heterogénea y diferente de la que aparece en la tabla simétrica estimada, por ello ha sido preciso efectuar una agregación homogénea para todas las fuentes estadísticas de acuerdo a la CNAE<sup>2</sup>.

## 2.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

En el cuadro siguiente se recogen los consumos energéticos, emisiones e inversiones y gasto medioambiental, computados en términos de coeficientes, es decir, divididos entre la producción de cada sector, se trata por tanto de valores relativos. Asimismo, los indicadores referidos a consumos se presentan en términos de intensidades de consumo energético.

---

<sup>2</sup> La agregación aplicada se muestra en el Anexo 1,

Cuadro N° 1. Indicadores medioambientales<sup>3</sup>

Sector	INV	GASC	ICCAR	ICPET	ICGAS	ICELEC	ICREN	ESOx	ENOx	ECH4	ECO2	ENH3
C+DF	0,0852	0,0554	0,0123	1,4504	0,0837	0,2354	0,0266	2,9230	1,2888	1,2303	0,5207	0,0100
DA	0,0138	0,0350	0,0008	0,2649	0,0468	0,0687	0,0090	0,0569	0,2450	0,0896	0,0642	0,0000
DB	0,0422	0,1360	0,0000	0,1010	0,0553	0,0749	0,0113	0,1048	0,5012	0,1040	0,1222	0,0001
DC	0,0992	0,4118	0,0000	0,1050	0,0065	0,0168	0,0002	0,0295	0,1832	0,0275	0,0424	0,0000
DD	0,1079	0,1186	0,0000	0,2800	0,0220	0,0789	0,0136	0,0430	0,4247	0,0340	0,0665	0,0001
DE	0,0493	0,0972	0,0006	0,1437	0,1170	0,1027	0,0361	0,1144	0,4346	0,2774	0,1110	0,0000
DG	0,0611	0,1369	0,0091	0,3217	0,2342	0,1442	0,0632	0,2829	0,4603	0,3719	0,1802	0,3021
DH	0,1168	0,1106	0,0000	0,0177	0,0118	0,0301	0,0158	0,0001	0,0343	0,0149	0,0045	0,0000
DI	0,1024	0,0690	0,0799	0,6556	0,2148	0,1778	0,0213	1,4876	2,9949	0,1761	1,3365	1,0000
DJ	0,0210	0,0314	0,0138	0,4590	0,1372	0,2755	0,0356	0,3254	0,3680	0,0852	0,1712	0,0000
DK	0,0173	0,0356	0,0003	0,1114	0,0112	0,0311	0,0024	0,0201	0,0778	0,0177	0,0232	0,0000
DL	0,0137	0,0311	0,0000	0,0685	0,0067	0,0375	0,0015	0,0066	0,0257	0,0077	0,0084	0,0000
DM	0,0175	0,0149	0,0000	0,0609	0,0152	0,0333	0,0044	0,0239	0,0740	0,0215	0,0264	0,0000
DN	0,0154	0,0386	0,0034	0,1076	0,0037	0,0260	0,0013	0,0120	0,1124	0,0436	0,0244	0,0000

Elaboración propia a partir de datos del INE, diversas encuestas.

Del cuadro anterior, se puede apreciar que los sectores Industria de la transformación del caucho y materias plásticas e Industrias de otros productos minerales no metálicos son los que más inversión y gasto corriente realizan en medioambiente. La mayor intensidad en consumo se refiere al petróleo y la llevan a cabo los sectores Industrias extractivas, Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, Industrias de otros productos minerales no metálicos y Metalurgia y fabricación de productos metálicos. Por lo que se refiere a la intensidad de consumo eléctrico, los sectores que destacan son Industrias extractivas, Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, y Metalurgia y fabricación de productos metálicos. Las ramas con mayor intensidad en consumo de gas son Industria Química, Industrias de otros productos minerales no metálicos y Metalurgia y fabricación de productos metálicos. Finalmente, los sectores con mayor intensidad de consumo de energía renovable son Industrias extractivas, Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, Industrias de

<sup>3</sup> ICCAR, ICPET, ICGAS, ICREN representan intensidades de consumo de carbón, de petróleo, de gas y de energías renovables, respectivamente.



otros productos minerales no metálicos y Metalurgia y fabricación de productos metálicos.

Si ahora tenemos en cuenta las emisiones, los sectores con mayores emisiones de SOX; NOx y CH4, coinciden y son Industrias extractivas, Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares e Industrias de otros productos minerales no metálicos. Un comportamiento ligeramente diferencial lo presentan las emisiones de NH3 que tienen una mayor presencia en Industrias de otros productos minerales no metálicos y en la Industria química.

Otro aspecto de interés puede ser analizar la correlación que existe entre las variables, es decir, determinar, por ejemplo, si los sectores con mayor intensidad de consumo, son también los que más emiten; o si aquellas ramas que más nivel de emisión presentan son las que tienen un mayor gasto o inversión medioambiental. En el cuadro siguiente se presentan los coeficientes de correlación obtenidos:

Cuadro N° 2. Correlaciones

	INV	GASC	ICCAR	ICPET	ICGAS	ICELEC	ICREN	ESOx	ENOx	ECH4	ECO2	ENH3
INV	1	,538	,330	,292	,181	,119	,184	,346	,434	,239	,397	,353
GASC	,538	1	-,118	-,165	-,071	-,242	-,047	-,141	-,070	-,091	-,099	-,036
ICCAR	,330	-,118	1	,431	,652	,483	,212	,509	,945	,144	,968	,955
ICPET	,292	-,165	,431	1	,414	,769	,352	,967	,613	,898	,601	,283
ICGAS	,181	-,071	,652	,414	1	,712	,851	,384	,643	,339	,649	,703
ICELEC	,119	-,242	,483	,769	,712	1	,668	,669	,546	,602	,549	,336
ICREN	,184	-,047	,212	,352	,851	,668	1	,266	,249	,434	,243	,280
ESOx	,346	-,141	,509	,967	,384	,669	,266	1	,691	,890	,683	,373
ENOx	,434	-,070	,945	,613	,643	,546	,249	,691	1	,381	,994	,888
ECH4	,239	-,091	,144	,898	,339	,602	,434	,890	,381	1	,357	,058
ECO2	,397	-,099	,968	,601	,649	,549	,243	,683	,994	,357	1	,908
ENH3	,353	-,036	,955	,283	,703	,336	,280	,373	,888	,058	,908	1

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\*. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Como puede apreciarse la inversión y el gasto presentan una correlación mediana de un 0.54, aproximadamente. El gasto se encuentra inversamente relacionado con el resto de variables, a excepción de la inversión, como ya se ha manifestado. La intensidad del consumo del carbón se encuentra directamente relacionado con las emisiones de ENOX, ECO2 y NH3. Asimismo, y por lo que se refiere a la intensidad del consumo del petróleo, se aprecia que se relaciona con las emisiones de ESOx, ECH4 y NH3, mediante unos coeficientes bastante elevados; con el resto de los gases muestra correlaciones medias. La intensidad de consumo de gas se relaciona de forma no muy fuerte con las emisiones de ENOX, ECO2 y NH3. La intensidad en el consumo de electricidad presenta relaciones no excesivamente elevadas con ESOx y ECH4. Por último, y como cabía esperar la variable intensidad de consumo de energías renovables, está poco relacionada con las emisiones de gases, en general.

### 2.3. CARACTERIZACIÓN SECTORIAL

A partir de los anteriores indicadores, y con el objetivo de identificar y tipificar a los sectores de acuerdo a estas características, hemos llevado a cabo un análisis de componentes principales.

Dado que las componentes principales (**Y**) se calculan mediante la combinación lineal de las variables iniciales (**X**), podemos expresar aquellas a partir de estas, a partir de la expresión que sigue  $\mathbf{Y}=\mathbf{XU}$ , donde **U** es una matriz constituida por elementos  $u_{jk}$ , los cuales representan el peso de la variable  $X_j$  en la componente  $Y_k$ . Para determinar dichas componentes, es preciso maximizar las expresiones siguientes:

$$\mathbf{u}_1' \mathbf{V} \mathbf{u}_1 \text{ sujeto a. } \mathbf{u}_1' \mathbf{u}_1=1$$

Para la primera componente

$$\mathbf{u}_2' \mathbf{V} \mathbf{u}_2, \text{ sujeto a } \mathbf{u}_2' \mathbf{u}_2=1 \text{ y } \mathbf{u}_2' \mathbf{u}_1=0$$

para obtener la segunda y así sucesivamente. Obsérvese que las funciones objetivo representan la varianza de cada componente, y las restricciones hacen referencia a que las componentes han de ser incorreladas, para que no contengan información redundante y por lo tanto, llevarán asociados vectores ortonormales.

Una vez aplicado el método anteriormente señalado se obtiene para la primera, segunda y sucesivas componentes:

$$\mathbf{V}\mathbf{u}_1 = \lambda_1 \mathbf{u}_1$$

$$\mathbf{V}\mathbf{u}_2 = \lambda_2 \mathbf{u}_2$$

.....

$$\mathbf{V}\mathbf{u}_n = \lambda_n \mathbf{u}_n$$

Por lo tanto,  $\lambda_i$  ( $\forall i=1,2,\dots,n$ ) representan valores propios y  $\mathbf{u}_i$  ( $\forall i=1,2,\dots,n$ ) los vectores propios asociados de la matriz de varianzas y covarianzas.

Adoptando la regla usual de retener aquellos factores con valores propios asociados que superan la unidad, obtendremos tres factores principales<sup>4</sup>. En el cuadro que sigue se presentan los valores propios y el porcentaje de inercia retenida que supera el 88%.

---

<sup>4</sup> Como se puede apreciar en los cuadros siguientes hemos eliminado la variable intensidad de consumo de energía renovable, ya que distorsionaba mucho el análisis, además de presentar un bajo nivel de explicación.

Cuadro N° 3: Factores retenidos

Componente	Autovalores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6,131	55,735	55,735
2	2,050	18,633	74,368
3	1,529	13,896	88,264
4	,712	6,469	94,733
5	,297	2,698	97,431
6	,227	2,064	99,495
7	,034	,310	99,805
8	,017	,159	99,964
9	,003	,029	99,992
10	,001	,007	99,999
11	7,083E-5	,001	100,000

Se puede observar que los tres factores retenidos el 88.2 % de las variables iniciales, con lo cual se encuentran adecuadamente representadas por los factores retenidos.

A continuación se determinarán las comunalidades, que permiten determinar lo adecuadamente que están explicadas las varianzas a partir de los factores retenidos:

Cuadro N° 4: Comunalidades

	Inicial	Extracción
INV	1,000	,838
GASC	1,000	,859
ICCAR	1,000	,988
ICPET	1,000	,981
ICGAS	1,000	,985
ICELEC	1,000	,842
ICREN	1,000	,975
ESOX	1,000	,991
ENOX	1,000	,983
ECH4	1,000	,940
ECO2	1,000	,996
ENH3	1,000	,974

Como puede verse todas las variables están bien representadas con valores que superan el 80%.

Una vez determinadas las componentes se rotaran mediante el método VARIMAX.

Cuadro N° 6: Matriz de componentes rotados<sup>a</sup>

	Componente		
	1	2	3
ENH3	,982	,011	,094
ICCAR	,972	,155	,031
ECO2	,912	,354	,090
ENOX	,893	,374	,130
ICGAS	,719	,300	-,090
ECH4	,012	,965	,064
ICPET	,273	,947	,022
ESOX	,346	,902	,085
ICELEC	,414	,716	-,210
GASC	-,112	-,156	,884
INV	,288	,217	,842

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 4 iteraciones.

El primer factor está directamente relacionado con las intensidades del consumo de carbón y gas y con las emisiones de NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, es decir, los sectores que consumen con mayor intensidad energía proveniente del carbón y del gas, tienen mayores emisiones de dichos gases.

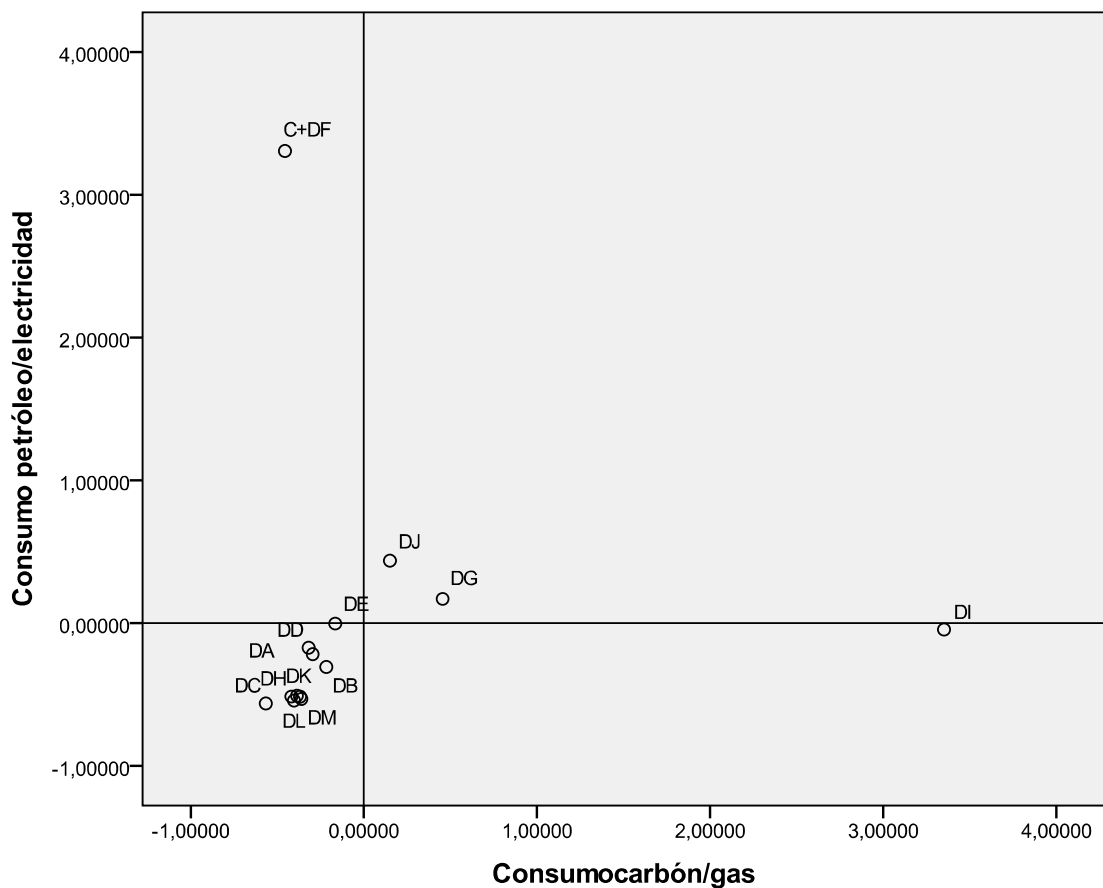
El segundo está relacionado con elevadas intensidades de consumo de petróleo y electricidad y con las emisiones de SO<sub>x</sub>.

El tercer factor muestra las variables económicas del modelo, gasto e inversión.

Si representamos gráficamente los factores obtenidos, podemos señalar que los sectores Industria química y Metalurgia y fabricación de productos metálicos, presentan elevadas

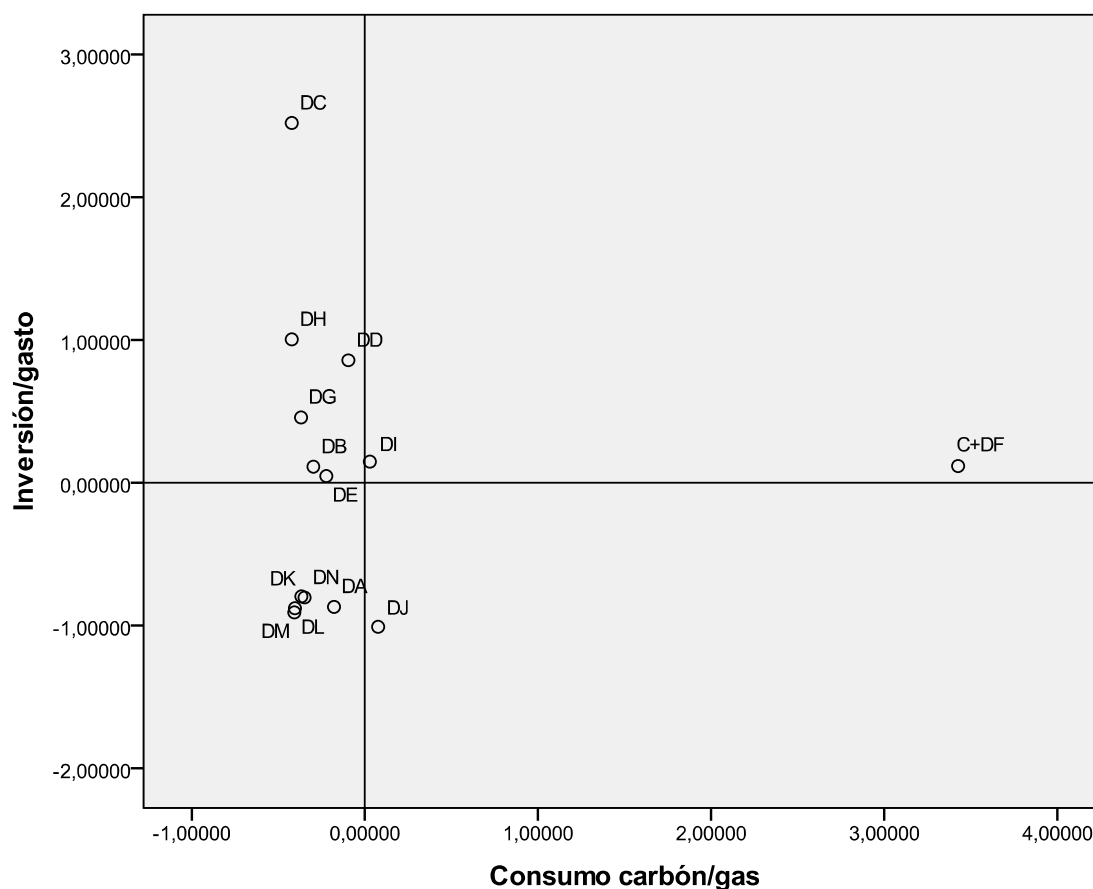
intensidades de consumo de todos los tipos de energía, y emiten todos los gases señalados; mientras que Industrias de otros productos minerales no metálicos, muestra una mayor intensidad en el consumo de petróleo y gas y emiten principalmente NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares tienen una mayor intensidad en el consumo de petróleo y electricidad y una mayor emisión de gases SO<sub>x</sub>. El resto de sectores considerados, presentan menores intensidades en los consumos de todos los tipos de energía señalados y menores niveles de emisión.

Gráfico N° 1: Representación de los dos primeros factores



Si ahora representamos el tercer factor, los resultados que se obtienen son los siguientes:

Gráfico N° 2: Representación de los factores primero y tercero.



Los sectores Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares e Industrias de otros productos minerales no metálicos muestran elevadas intensidades de consumo de carbón y gas (con sus consecuentes emisiones atmosféricas) y a la vez un levado gasto corriente e inversión en medioambiente. Por otra parte, la rama Metalurgia y fabricación de productos metálicos lleva asociados altas intensidades en el consumo de las fuentes energéticas de carbón y gas, pero a la vez menores niveles de gasto e inversión. Por otra parte, las ramas Industria textil y de la confección, Industria del cuero y del calzado, Industria de la madera y del corcho, Industria del papel; edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados e Industria química, con una menor intensidad de consumo energético muestra un mayor gasto corriente e inversión medioambiental. El resto de sectores presenta menores niveles de gasto e inversión y también menores intensidades de consumo.

### 3-ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Una de las principales ventajas que supone la utilización del análisis input-output es que al permitir definir multiplicadores posibilita llevar a cabo estudios de impacto, es decir, permite responder preguntas como esta: si la demanda experimenta un cierto crecimiento ¿cuánto aumentará el consumo de energía? y ¿cuánto crecerán las emisiones de gases a la atmósfera?.

Si planteamos el escenario hipotético en el cual la demanda en cada sector ha crecido en un millón de euros, el consumo de energía en Ktep (Kilotoneladas equivalentes de petróleo) crecerá de la siguiente manera:

Cuadro N° 6: Porcentaje de aumento de los consumos energéticos

Sector	Carbón	Petróleo	Gas	Electricidad	E. Renovable
C+DF	2,70	12,87	2,58	5,84	3,68
DA	1,43	18,98	11,67	13,76	10,01
DB	0,00	1,34	2,56	2,78	2,35
DC	0,00	0,79	0,17	0,35	0,02
DD	0,00	2,79	0,76	2,20	2,12
DE	0,38	3,96	11,22	7,91	15,50
DG	6,04	8,62	21,82	10,79	26,37
DH	0,00	0,30	0,69	1,41	4,12
DI	76,86	25,48	29,03	19,31	12,87
DJ	10,25	13,82	14,37	23,19	16,71
DK	0,16	2,78	0,97	2,17	0,93
DL	0,00	1,80	0,61	2,75	0,62
DM	0,00	3,71	3,22	5,68	4,22
DN	2,17	2,75	0,33	1,86	0,50



Se puede apreciar que el sector cuyo consumo en carbón crecería más es Industrias de otros productos minerales no metálicos y Metalurgia y fabricación de productos metálicos. Aquellos sectores cuyo consumo de petróleo aumentará más son Industrias de otros productos minerales no metálicos, Metalurgia y fabricación de productos metálicos, Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares e Industria de la alimentación, bebidas y tabaco. Las ramas con mayor aumento en el consumo de gas, electricidad y energías renovables son Industrias de otros productos minerales no metálicos, Metalurgia y fabricación de productos metálicos, Industria química e Industria de la alimentación, bebidas y tabaco.

Dado que existe unos factores de conversión que relacionan el consumo energético con las emisiones atmosféricas, también es posible conocer cuál será el incremento que experimenten, ante un aumento de la demanda final sectorial. Los resultados se recogen en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 7. Porcentaje de crecimiento de las emisiones según incrementos de consumo energético

Sector	ECAR	EPET	EGAS	EELEC
C+DF	10,28	26,46	7,82	14,33
DA	0,29	2,13	1,92	1,84
DB	0,00	4,58	12,85	11,34
DC	0,00	14,44	4,58	7,71
DD	0,00	18,59	7,48	17,47
DE	0,60	3,14	13,09	7,48
DG	6,58	5,08	18,94	7,59
DH	0,00	0,66	2,26	3,75
DI	71,73	12,85	21,56	11,62
DJ	5,38	3,91	5,98	7,82
DK	0,34	2,75	1,42	2,56
DL	0,00	1,50	0,75	2,73
DM	0,00	0,60	0,76	1,09
DN	4,80	3,32	0,58	2,67

Se puede observar que los sectores que más emitirían debido a un mayor consumo de carbón serían Industrias de otros productos minerales no metálicos y Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares. Por lo que se refiere al petróleo, las ramas cuya emisión aumentaría más debido a un aumento de su consumo serían Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, Industria de la madera y del corcho, Industria del cuero y del calzado e Industrias de otros productos minerales no metálicos. Los sectores cuyas emisiones debidas a un aumento del consumo de gas más han crecido son Industrias de otros productos minerales no metálicos, Industria química Industria textil y de la confección e Industria del papel; edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados. Por último, un aumento en el consumo de electricidad lleva aparejados mayores crecimientos en los sectores Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, Industria textil y de la confección, Industria de la madera y del corcho e Industrias de otros productos minerales no metálicos.

#### 4-CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es caracterizar a los sectores industriales españoles desde una óptica medioambiental.

La Industria de la transformación del caucho y materias plásticas e Industrias de otros productos minerales no metálicos son los que más inversión y gasto corriente realizan en medioambiente.

Por lo que se refiere a la intensidad de consumo eléctrico, los sectores que destacan son Industrias extractivas, Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, y Metalurgia y fabricación de productos metálicos. Las ramas con mayor intensidad en

consumo de gas son Industria Química, Industrias de otros productos minerales no metálicos y Metalurgia y fabricación de productos metálicos. Finalmente, los sectores con mayor intensidad de consumo de energía renovable son Industrias extractivas, Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, Industrias de otros productos minerales no metálicos y Metalurgia y fabricación de productos metálicos.

Para caracterizar a los sectores industriales, se ha aplicado un análisis de componentes principales del que se han obtenido tres factores: el primero está directamente relacionado con las intensidades del consumo de carbón y gas y con las emisiones de NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. El segundo está relacionado con elevadas intensidades de consumo de petróleo y electricidad y con las emisiones de SO<sub>x</sub> y el tercero muestra las variables económicas del modelo, gasto e inversión.

Al llevar a cabo un estudio de impacto se puede observar que los sectores que más gases contaminantes emitirían debido a un mayor consumo de carbón serían Industrias de otros productos minerales no metálicos y Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares. Por lo que se refiere al petróleo, las ramas cuya emisión aumentaría más debido a un aumento de su consumo serían Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares, Industria de la madera y del corcho, Industria del cuero y del calzado e Industrias de otros productos minerales no metálicos. Los sectores cuyas emisiones debidas a un aumento del consumo de gas más han crecido son Industrias de otros productos minerales no metálicos, Industria química Industria textil y de la confección e Industria del papel; edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados. Por último, un aumento en el consumo de electricidad lleva aparejados mayores crecimientos en los sectores Industrias extractivas y Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares,

Industria textil y de la confección, Industria de la madera y del corcho e Industrias de otros productos minerales no metálicos.

## 5-BIBLIOGRAFIA

Alcántara, V (2007): “Análisis input-output y emisiones de CO<sub>2</sub> en España: un primer análisis para la determinación de sectores clave en la emisión”. *Documento de trabajo 2-2007*, Universidad Autónoma de Barcelona.

Alcántara, V y Padilla, E (2007): “Subsistemas input-output y contaminación: una aplicación al sector servicios y las emisiones de CO<sub>2</sub> en España”. II Jornadas Españolas de Análisis Input-Output, Zaragoza.

Haan, M y Keuning, S.J.(1997): “Taking the environment into account. The NAMEA approach”. *Review of Income and Wealth*, pp. 131-148.

INE (2007): Cuentas satélite de emisiones a la atmósfera,

INE (2007): Cuentas del gasto en Protección ambiental

INE (2007): Encuesta de consumos energéticos

INE (2007): Marco Input-Output. Tablas Input-Output

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.

## ANEXO 1

### Agregación sectorial

C	Industrias extractivas
DA	Industria de la alimentación, bebidas y tabaco
DB	Industria textil y de la confección
DC	Industria del cuero y del calzado
DD	Industria de la madera y del corcho
DE	Industria del papel; edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados
DF	Refino de petróleo y tratamiento de combustibles nucleares
DG	Industria química
DH	Industria de la transformación del caucho y materias plásticas
DI	Industrias de otros productos minerales no metálicos
DJ	Metalurgia y fabricación de productos metálicos
DK	Industria de la construcción de maquinaria y equipo mecánico
DL	Industria de material y equipo eléctrico, electrónico y óptico
DM	Fabricación de material de transporte
DN	Industrias manufactureras diversas