



Colección **EOI**

MA

medio ambiente

Análisis del sector
energético español
a través de un modelo
de crecimiento sostenible

Manuel Alejandro Cardenete Flores
Patricia Fuentes Saguar



Análisis del sector energético español a través de un modelo de crecimiento sostenible

Manuel Alejandro Cardenete Flores
Patricia Fuentes Sagar

© Fundación EOI, 2009

COORDINACIÓN DE EDICIÓN

Área de Conocimiento y Documentación EOI

PROYECTO GRÁFICO

base12 diseño y comunicación, s.l.

ISBN

978-84-936547-5-7

Manuel Alejandro,
*Para Laura, por haberme hecho encontrar
mi equilibrio general definitivo.*

Patricia,
Para Alfredo y sus molinos.

ÍNDICE

PRÓLOGO	7
INTRODUCCIÓN	9
Capítulo I	
LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA PARA EL AÑO 2000 (SAMESPOO)	15
1. Una introducción a las matrices de contabilidad social	16
2. Fuentes y metodología de la SAMESPOO	17
3. La matriz de contabilidad social de españa 2000 (SAMESPOO)	24
Capítulo II	
ANÁLISIS SECTORIAL DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA A PARTIR DE LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL PARA EL AÑO 2000	29
1. Los modelos SAM lineales.....	30
2. Análisis sectorial: metodología	32
2.1. Sectores clave de la economía española.....	34
3. Metodología de descomposición de multiplicadores.....	40
3.1. Aplicación empírica para la economía española.....	42
4. El sector energético español.....	47
Capítulo III	
ANÁLISIS DE INTENSIDADES ENERGÉTICAS Y EMISIONES DE CO₂ A PARTIR DE LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL DE ESPAÑA PARA EL AÑO 2000 ..	51
1. Intensidades energéticas de la economía española.....	52
2. Una estimación de las emisiones de CO ₂	59

Capítulo IV

UNA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DESCOMPOSICIÓN DE MULTIPLICADORES A LAS EMISIONES DE CO₂ DEL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL MEDIANTE UN MODELO SAM LINEAL	 67
1. Metodología de descomposición de multiplicadores aditiva a partir del análisis de subsistemas.....	68
2. Una estimación de las emisiones de CO ₂ sectoriales	70
 CONCLUSIONES.....	 79
 MARCO METODOLÓGICO	 83

PRÓLOGO



El debate energético está adquiriendo un gran protagonismo en los últimos años dada la creciente preocupación tanto por asegurar el abastecimiento energético, como por las consecuencias ambientales de su uso. Es por ello que están apareciendo numerosos estudios de investigación aplicada al campo de la energía desde distintas disciplinas entre las que, inevitablemente, se encuentra la economía.

En este contexto, las herramientas de análisis económico están teniendo un papel relevante tanto por la información que aportan, como por las medidas que se proponen a partir de ellas. El desarrollo de nuevos modelos económicos, como los que presentamos en este libro, y la aparición en las últimas décadas de avanzados instrumentos computacionales, han permitido que puedan realizarse investigaciones aplicadas en multitud de campos, entre los que destacan los relacionados con la economía energética.

Este tipo de investigaciones aplicadas pueden resultar de gran utilidad para aquellos que toman las decisiones en materia de política económica, energética o medioambiental, ya que amplían la información existente en estos ámbitos, que en ocasiones resulta escasa, y permiten pulsar el efecto de distintas medidas en la economía o el medioambiente.

En este libro se desarrollan y analizan modelos multisectoriales aplicados a la evaluación de políticas medioambientales para la economía española. Estos modelos parten de las denominadas Matrices de Contabilidad Social, que ofrecen una imagen detallada de una economía determinada, y que presentan un gran potencial al ofrecer una gran información en cuanto a las interrelaciones que se generan entre los distintos sectores productivos e institucionales de una economía. A partir de esta imagen, convenientemente explotada, se pueden extraer conclusiones tanto de carácter coyuntural como estructural. Por otro lado, tras incorporar supuestos de conducta de los agentes económicos y de su entorno, estas matrices se convierten en una base estadística de gran utilidad, ya que permiten desarrollar modelos multisectoriales a partir de los cuales es posible evaluar la importancia de un sector o actividad, o los efectos que una determinada medida de política económica pueden generar sobre los sectores productivos, el nivel de precios, la renta o el empleo de una economía. En concreto, estos modelos lineales de equilibrio aplicado pueden suponer una gran ayuda para seleccionar, en base a los supuestos adoptados, las acciones más adecuadas entre las distintas vías a emprender, convirtiéndose estas herramientas en verdaderos simuladores de la economía.

Para EOI Escuela de Organización Industrial poner a disposición de los *policy makers* y demás actores económicos y sociales este tipo de instrumentos, puede resultar de gran importancia a la hora de tomar decisiones sobre la dirección de las estrategias que deben seguir empresas e instituciones públicas y privadas. El caso español, en el que el sector energético se está configurando como una de las claves del desarrollo económico futuro, es un claro ejemplo de escenario político, social y económico en el que es fundamental potenciar este tipo de análisis que puedan contribuir a perfilar su futura evolución, especialmente en lo relacionado con el medioambiente.

Alfonso González Hermoso de Mendoza

Director General EOI Escuela de Organización Industrial

INTRODUCCIÓN



El importante papel que juega la energía para todas las economías se puso de manifiesto a partir de la primera crisis energética, en 1973. Desde ese momento, se han desarrollado numerosos estudios sobre asuntos energéticos desde muy diversos ámbitos, tanto para disminuir la dependencia energética de los países y regiones, como para diseñar políticas energéticas y evaluar su impacto en la economía. La Unión Europea, consciente del carácter estratégico de la energía y de las consecuencias que tiene su uso, estudia, desde hace ya más de una década, la forma de reducir la dependencia energética de la región.

Por otra parte, la creciente preocupación por el cambio climático, sobre todo desde que se hizo público el Informe Stern (2006), y sus efectos sobre la economía, ha generado recientemente el desarrollo de numerosos estudios económicos aplicados a energía y medioambiente, que incluyen otros aspectos como el clima o las emisiones contaminantes, dado que el cambio climático está provocado principalmente por actividades relacionadas con el uso de energía por el consumo de combustibles fósiles.

Es, en este último aspecto, en el que centramos nuestra atención en este trabajo, siendo nuestro objetivo el desarrollo y análisis de modelos multisectoriales aplicados a la evaluación de políticas medioambientales. Concretamente, tratamos de ampliar la información, a veces escasa, en materia ambiental y energética, así como explorar las relaciones entre ambas. Por otro lado, pretendemos evaluar algunas de las posibles medidas que se pueden tomar para reducir las emisiones contaminantes en España, y sus efectos sobre la economía nacional.

El interés de los modelos que utilizamos reside en el elevado potencial que tienen, tanto por su idoneidad para describir una realidad económica, como por su capacidad para pulsar el efecto que la aplicación de políticas económicas (o ambientales) tienen sobre todos los agentes económicos, convirtiéndose en verdaderas herramientas de simulación de gran utilidad para los responsables de toma de decisiones. Estas herramientas, que complementan a las procedentes de los modelos econométricos, son un activo con el que profundizar en el comportamiento de la economía, permitiendo obtener predicciones y extraer conclusiones desde diversos ámbitos.

El soporte estadístico, o base de datos, sobre la que se asientan estos modelos son las Matrices de Contabilidad Social (SAM¹, en adelante, de la terminología anglosajona Social Accounting Matrix), cuya utilidad se centra, por un lado, en que describen una realidad económica, proporcionando información añadida sobre un sector concreto o sobre la estructura productiva de un país o región. Por otra parte, tal y como hemos señalado anteriormente, sirven como base de datos para construir modelos lineales (Modelos SAM) y no lineales (MEGAs) que permitan valorar el impacto socio económico de las distintas políticas.

1. Adoptamos el acrónimo SAM de las siglas inglesas en lugar del de las castellanas MCS por ser más sencilla su lectura, así como por el hecho de tratarse de un término más difundido entre los economistas.

Es, por ello, que comenzamos presentando la Matriz de Contabilidad Social de España para el año 2000 (SAMESPOO), a partir de la cual desarrollaremos estos Modelos Lineales de Equilibrio General Aplicado.

Una Matriz de Contabilidad Social es una base de datos, que recoge y organiza en una matriz cuadrada la información económica y social de todas las transacciones entre todos los agentes de una economía, en un momento determinado del tiempo.

Las Matrices de Contabilidad Social pretenden integrar las estadísticas sociales en el Modelo Input-Output de Leontief de relaciones intersectoriales, representando de forma matricial una ampliación de estos modelos. Los inicios del análisis a partir de Matrices de Contabilidad Social los encontramos en Stone (1962), y Pyatt y Round (1979), entre otros, iniciándose las aplicaciones en España a partir de trabajos como los de Kehoe, Manresa, Polo y Sancho (1988).

Los Modelos SAM se especifican mediante ecuaciones en las que, utilizando los datos observables en la SAM, permiten explicar variables endógenas a partir de variables exógenas al igual que en el Modelo de Leontief. En el Modelo Leontief, las cuentas endógenas son necesariamente los sectores productivos, que quedan explicados por la Demanda Final exógena y la Matriz de multiplicadores que refleja la estructura productiva de la economía en cuestión.

Las SAM, además de contener mayor información, son más flexibles que las Tablas Input-Output, al tratarse de matrices cuadradas, por lo que la determinación de cuentas endógenas queda limitada técnicamente a dejar, al menos, una cuenta como exógena. A pesar de esta flexibilidad, la decisión de qué cuentas son exógenas no es aleatoria, sino que viene determinada tanto por el análisis que se desee realizar, como por la propia realidad económica, al existir variables que quedan determinadas fuera del sistema productivo, como suele ser el caso del sector público y del sector exterior.

A partir de estos modelos, es posible realizar simulaciones lineales sobre el efecto que puede tener en una economía una mejora en la eficiencia que modifique la estructura productiva, o la variación de alguna de las variables exógenas. Por otra parte, este tipo de tecnología permite, mediante el uso de vectores de dimensiones y unidades adecuadas, el cambio de unidades monetarias del modelo en otras en función del análisis que se desee realizar. Por último, la información contenida en las matrices permite cierta manipulación, como la aplicación de distintas metodologías de descomposición de multiplicadores que incrementan la información descriptiva que aportan.

Estos modelos tienen su base en la teoría del equilibrio general de Walras (1874), suponiendo un gran avance los trabajos de Arrow y Debreu (1954), Wald (1951) o McKenzie (1959), ya que demostraron la existencia de este equilibrio y sus características.

La factibilidad de los cálculos necesarios para la aplicación práctica de estas teorías, requiere de potentes algoritmos matemáticos capaces de obtener soluciones de equilibrio. Tras la aparición de las Tablas Input-Output de Leontief, que intentaban reproducir el modelo de equilibrio general walrasiano, fue Scarf (1973) quien inició este desarrollo computa-

cional, a partir del que Shoven y Walley (1972), Walley (1975, 1977), y Shoven (1976) entre otros² siguieron avanzando, apareciendo ya en estos trabajos los Modelos de Equilibrio General Aplicado (MEGAs), como instrumento de evaluación de políticas públicas.

En cuanto a la modelización de equilibrio general llevada a cabo en España³, aunque las primeras aportaciones están en los trabajos de Alcaide (1979) y Alcaide y Raymond (1981), el auténtico inicio del equilibrio general aplicado en nuestro país lo encontramos en Kehoe, Manresa, Noyola, Polo y Sancho (1988), que valoraron el impacto de la introducción del IVA, utilizando como base de datos la SAM de 1980 para España. A partir de aquí, se han realizado diversos megas para la economía española y, recientemente, se han desarrollado MEGAs a nivel regional.

En definitiva, este tipo de trabajos han supuesto un gran avance en la modelización económica, y con ellos se pretende disponer de una herramienta de predicción que pueda facilitar la toma de decisiones en las diferentes políticas.

La estructura de este trabajo de investigación es la siguiente. En el capítulo I presentamos la Matriz de Contabilidad Social de España para el año 2000 (SAMESPOO). La presentación de la SAMESPOO a precios básicos está justificada por los análisis que se desarrollan a lo largo de este trabajo.

Uno de los objetivos de construcción de una SAM, como ya hemos señalado anteriormente, es describir la estructura económica y social de un territorio en un momento del tiempo aportando información, tal y como podemos observar en el capítulo I; por otro, proporcionan el soporte estadístico necesario para la construcción de modelos que sirvan para el análisis de políticas.

En el capítulo II comenzamos desarrollando los Modelos SAM lineales, con un análisis sectorial de la economía española, con el objetivo de identificar los sectores clave de la misma, mediante un análisis sectorial clásico; así como, con el desarrollo de una metodología que nos permite separar la capacidad de los sectores de arrastrar o ser arrastrados por inyecciones de renta en tres efectos en función del origen de esa inyección. Seguidamente nos centramos en el estudio del sector energético español a partir de los resultados obtenidos en los análisis realizados, acabando este capítulo dando una visión general del sector.

En el capítulo III continuamos con estos modelos, centrándonos en estimar intensidades energéticas y emisiones de CO₂ para la economía española para el año 2000. Para el cálculo de intensidades energéticas se usa la SAMESPOO en distintos escenarios de endogenización, comenzando por los multiplicadores simples del Modelo Leontief incluidos en la SAM.

2. Para mayor información ver Partridge y Rickman (1998).

3. Para un desarrollo más amplio sobre el equilibrio general en España, ver Cardenete y Llop (2003).

Para estimar las emisiones de CO₂, se desarrolla un modelo a partir de la SAMESP00, utilizando para ello un vector que nos permite cambiar las unidades monetarias del modelo en unidades físicas de emisión, y que, a su vez, nos proporciona una herramienta de simulación de distintos escenarios para evaluar los efectos que tendría, para la economía española, una variación en cualquier componente de la demanda o una mejora en la eficiencia.

En el siguiente capítulo profundizamos en el análisis de las emisiones de CO₂ generadas por el sistema productivo español. Para ello, se utiliza la metodología de descomposición de multiplicadores aditiva partiendo de la SAMESP00, que permite separar el vector de producción de cada uno de los subsistemas en los que dividimos al sistema, en distintos efectos en función de a qué usos va destinada esa producción.

Para convertir las unidades monetarias del modelo en unidades físicas de emisión utilizamos, de nuevo, el 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 de cada rama y en la emisión directa generada en la producción de ésta.

Los resultados obtenidos en este capítulo permiten ampliar la información relativa a las emisiones sectoriales de la economía española, al presentar aquellas emisiones que son necesarias para satisfacer a la demanda final de cada subsistema.

Finalmente exponemos, en el último apartado, las principales conclusiones de este trabajo, así como una discusión sobre las limitaciones de estos modelos y sus posibles ampliaciones.

Capítulo I

LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL
DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA
PARA EL AÑO 2000 (SAMESPOO)



Una Matriz de Contabilidad Social es una base de datos que recoge y organiza en una matriz cuadrada la información económica y social de todas las transacciones entre todos los agentes de una economía en un momento determinado del tiempo. Las Matrices de Contabilidad Social pretenden reproducir las interrelaciones que se dan en una economía entre los agentes económicos. El objetivo de este capítulo es presentar la Matriz de Contabilidad Social de España para el año 2000 (SAMESP00). La elaboración de la SAMESP00 a precios básicos, está justificada por los análisis que se desarrollan a lo largo de esta investigación, ya que, si bien el análisis desarrollado en el capítulo II admite la valoración tanto a precios básicos como a precios de adquisición, la metodología aplicada en el análisis sectorial, que se desarrollará en los capítulos III y IV, requiere, necesariamente, su valoración a precios básicos al modificar las unidades de valoración del modelo de unidades monetarias a unidades físicas de emisión, y, la distribución en la SAM de los impuestos y márgenes de comercio y transporte en los sectores que los pagan, distorsiona la imputación de emisiones por rama generadora de las mismas.

1. UNA INTRODUCCIÓN A LAS MATRICES DE CONTABILIDAD SOCIAL

Una SAM es una representación matricial de las interrelaciones que se dan en una economía determinada en un momento del tiempo. El origen de las Matrices de Contabilidad Social está en el intento de integrar las estadísticas sociales en el Modelo Input-Output de interdependencia de los sectores productivos, representando de forma matricial una ampliación de estos modelos.

Las Tablas Input-Output recogen la interdependencia de los sectores productivos y su relación con la demanda final. Las SAM, además, incorporan todas las transacciones que se realizan entre los factores productivos y los componentes de la demanda final, ampliando con ello la información que ofrecen las tablas input-output y completando el flujo circular de la renta en una matriz cuadrada. La utilidad de las Matrices de Contabilidad Social es doble, como ya hemos señalado. Por un lado, son un reflejo de la situación de una economía en un momento del tiempo ya que describen una realidad económica, y, por otro, son de gran utilidad como base de datos para construir modelos (Modelos SAM lineales y Modelos de equilibrio General) que valoren el impacto socio-económico de las distintas políticas económicas.

En la SAM, cada cuenta aparece representada en una fila y en una columna. Por convención, las filas muestran el origen de los ingresos de las distintas cuentas, y las columnas a qué se destinan esos ingresos en forma de gastos. Los valores que aparecen en las celdas son monetarios. Por tanto, cada valor no nulo de una celda refleja una transacción o flujo monetario entre dos cuentas contabilizado en un único registro, significando un gasto para la columna y un ingreso para la fila.

La estructura de las SAM es flexible y puede tomar diferentes formas dependiendo de su motivación, ya que pueden estar más o menos desagregadas las cuentas correspondientes a los sectores, si el objetivo es analizar un sector concreto; pueden desagregarse

los tipos de consumidores o los tipos de impuestos, si se van a evaluar políticas sociales o fiscales; puede separarse la cuenta del sector exterior en distintos ámbitos, incluso a nivel regional para valorar relaciones interregionales; o puede duplicarse el número de cuentas de la matriz de consumos intermedios, distinguiendo entre actividades y productos, utilizándose en este caso las Tablas de Origen y Destino del Modelo Input-Output y permitiendo, así, las producciones secundarias. Aunque también hay matrices en las que el orden de las cuentas viene determinado por la parte del sistema que se quiere resaltar ⁴.

En definitiva, al modelizar, el nivel de desagregación y el orden de las diferentes cuentas se deberán realizar en función del modelo que se vaya a construir con la SAM y su aplicación, poniendo mayor énfasis en aquellas cuentas que serán objeto de análisis o dependiendo de si su motivación es un análisis regional, sectorial, fiscal, etc. Se trata de modelos muy flexibles, como ya hemos comentado, pero hay una estructura básica (Véase como ejemplo la Figura 1), que podemos llamar *estándar*, aunque deben cumplirse determinadas reglas para que la SAM tenga significado por sí misma y utilidad como base de datos.

Al construir una SAM hay que tener presente, por un lado, que debe ser coherente con la Contabilidad Nacional y, por otro, que debe cumplir determinadas identidades, como que la suma total de cada fila (empleos) debe coincidir con la suma total de cada columna (recursos), pues los gastos de una cuenta (columna) deben cubrirse con sus ingresos (fila). Por otra parte, la desagregación de las cuentas debe hacerse de forma que las cuentas sean homogéneas y claramente diferenciables entre sí.

En su estructura básica las SAM se interpretan de la siguiente forma: el sistema productivo genera rentas que proceden de la venta de sus productos (tanto al propio sistema productivo en forma de consumos intermedios como a la demanda final) con las que se remunera a los factores productivos. Estas rentas forman el valor añadido y representan los ingresos de los sectores institucionales, que gastan sus rentas en los sectores productivos y en el pago a los propios sectores institucionales, generando rentas para ambos, e incrementando con estas rentas las necesidades de producción, iniciándose de nuevo el ciclo.

2. FUENTES Y METODOLOGÍA DE LA SAMESPOO

La SAM que presentamos aquí está a precios básicos, que presenta ventajas como unos multiplicadores más puros y un contenido más significativo de las cuentas de comercio y transporte, frente a las SAM a precios de adquisición. La decisión de presentar la SAM a precios básicos está justificada en los análisis que se van a realizar en los capítulos III y IV, ya que al trabajar con emisiones de CO₂ no podemos valorar las cantidades de la

4. Por ejemplo, De Miguel y Manresa (2004) presentan una SAM para Extremadura donde las primeras cuentas son los factores productivos y los grupos de hogares en los que se divide el consumo.

SAM a precios de adquisición, pues incluirían márgenes de comercio y transporte que distorsionarían la distribución sectorial de las emisiones.

En la tabla 1 presentamos la estructura de la SAMESP00. Vemos como el contenido de la matriz está dividido en cuatro submatrices, la Matriz de Consumos Intermedios, la Matriz de Factores Primarios, la Matriz de Demanda Final y la Matriz de Cierre.



Tabla 1

Estructura de la SAMESP00

	Actividades productivas	Factores productivos	Ahorro/ inversión	Sectores Institucionales	Sector Exterior
Actividades productivas: (1) ... (27)	Matriz de Consumos Intermedios	Matriz de Demanda Final			
Factores productivos: (28) Trabajo (29) Capital	Matriz de Factores Primarios	Matriz de Cierre			
Ahorro/ Inversión: (31) FBK					
Sectores institucionales:					
<ul style="list-style-type: none"> • Hogares (30) Consumo • Administración pública (32) Cotizaciones sociales empleadores (33) Impuestos indirectos netos (34) IVA (35) Tarifas (36) Cotizaciones sociales empleados (37) IRPF (38) Sector Público 					
Sector exterior: (39) Importaciones / Exportaciones					

Fuente: *Elaboración propia*

La **Matriz de Consumos Intermedios**, que se corresponde con la parte superior izquierda de la SAM, está formada por las filas y columnas de los sectores productivos (27x27). En ella están contenidas todas las relaciones intersectoriales, es decir el gasto e ingreso de cada sector en el resto de sectores para consumos intermedios. Cada celda ij no nula representa un flujo que es un gasto en *inputs* que la columna j hace en el sector i , y, a su vez, el ingreso que tiene el sector i procede de las ventas que hace al sector j .

La matriz de consumos intermedios a precios básicos se ha obtenido directamente de la Tabla Simétrica a precios básicos.

En cuanto a la **Matriz de Factores Primarios**, que recoge los pagos por factores utilizados por cada actividad productiva, se ha obtenido principalmente del MIOESPO0. Todas las celdas son cero, excepto las de los pagos de recursos por parte de los sectores. Para obtenerla, hemos partido de la matriz de la Tabla Simétrica a precios de básicos.

Esta matriz situada en la parte inferior derecha de la SAM está formada en primer lugar por las cuentas de trabajo y capital (28 y 29).

El pago al capital se obtiene de la Tabla Simétrica a precios básicos (Excedente Bruto de Explotación), así como las cuenta de trabajo (28) y de cotizaciones sociales de empleadores (32), utilizando los pesos que tienen las cotizaciones en las remuneraciones de asalariados de la Tabla de Destino, ya que en esta tabla sí que aparecen desagregadas, mientras que en la Tabla simétrica aparece una única fila para el total de remuneraciones de asalariados. Una vez que se obtienen los pesos, se separa esta fila de la Tabla Simétrica en las dos cuentas de Sueldos y Salarios brutos (28) y Cotizaciones sociales de empleadores (32). Momento.

A continuación aparecen los impuestos indirectos netos de subvenciones. La información que ofrece el INE no desagrega los impuestos indirectos sobre los productos y las importaciones (sólo desagrega los impuestos totales pagados por los sectores en sus compras intermedias), por lo que es necesario realizar un serie de cálculos para separarlos.

Nosotros extraemos, de los impuestos sobre productos, las tarifas, aplicadas a las importaciones, y el IVA, aplicado a la producción de cada sector, que aparecen en otras dos cuentas separadas (34 y 35), para lo que se utilizan los tipos medios de ambos impuestos obtenidos para el año 1995. La cuenta de impuestos indirectos netos (33) es la suma de los impuestos sobre los productos (excepto IVA y Tarifas) totales que vende una rama, obtenidos de la Tabla de Origen, y los impuestos indirectos netos sobre la producción (Tabla Simétrica).

Por último, en la Matriz de Factores Primarios aparece la cuenta de importaciones (39), obtenida directamente de la Tabla de Origen.

En cuanto a la **Matriz de Demanda Final** (cuentas no nulas de la 28 a la 39), situada en la parte superior derecha de la SAM, aporta la información sobre los empleos finales de los bienes y servicios, por lo que todas sus celdas son cero, excepto las de las columnas de los componentes de la demanda final.

Los valores están a precios básicos y se obtienen todos ellos directamente de la Tabla de Destino a precios básicos (que debe coincidir con la Tabla Simétrica).

Las cuentas que la forman son Consumo (30), donde aparece reflejado el consumo de los hogares, Ahorro/ Inversión (31) formada por la Formación Bruta de Capital Fijo y la Variación de existencias, Sector Público (38) que refleja el consumo del sector público y está formada por la columna de Gasto en consumo colectivo y Gasto en consumo individual de las administraciones públicas e instituciones sin fines de lucro al servicio de los hogares⁵; y, finalmente, Exportaciones (39).

La **Matriz de Cierre** se ha completado a partir de la Contabilidad Nacional del INE. Esta matriz es la que permite completar el flujo circular de la renta al presentar las relaciones entre la matriz de factores y la de empleos finales, también es la que mayor dificultad estadística supone.

Los hogares reciben su Renta del trabajo (30, 28) que se obtienen de las Remuneraciones de Asalariados descontadas las Cotizaciones Sociales de Empleadores; y del Excedente Bruto de Explotación (30, 29), obtenidos de la Tabla Simétrica a precios básicos. Esta renta se completa con las transferencias a los hogares (30/ 38) que se obtienen de la Contabilidad Nacional del INE. Respecto a las Transferencias del resto del mundo (30, 39), se utiliza como saldo las compras de no residentes en el interior, descontadas las de residentes en el exterior, al interpretarse como una transferencia neta recibida por el consumidor doméstico⁶.

Respecto al uso que los hogares hacen de su renta, además del consumo, tenemos los impuestos directos pagados por los hogares⁷, el IRPF (37, 30) se obtiene de la Contabilidad Nacional del INE, base 2000. Esta cuenta está formada no sólo por el IRPF, sino por todos los impuestos directos como Patrimonio. La cuenta de Cotizaciones Sociales de los Empleados (36, 30) se deduce de la Contabilidad Nacional, por diferencia de las Cotizaciones Sociales Totales menos las Cotizaciones Sociales de empleadores.

El Ahorro Privado (31, 30) se obtiene a partir de la identidad de la Contabilidad Nacional de usos de renta⁸, tal y como aparece en la tabla 2. Las celdas relativas a impuestos indirectos se obtienen directamente de los totales de las filas de la SAM, así como las cotizaciones de empleadores.

Los datos del sector exterior se obtienen del INE, para el Saldo exterior (31, 39) la cifra utilizada se corresponde con la diferencia entre las exportaciones netas y las importaciones, que coincide con la que ofrece la cuenta del resto del mundo de la Contabilidad

5. Hemos seguido la metodología del anterior SEC, ya que el nuevo incluye el gasto de las ISFLH en el consumo privado, lo que distorsionaría nuestros resultados: al incluirse a la cuenta de Sector Público como un gasto hay que ajustar con los ingresos lo que hacemos en la celda de ahorro público.

6. Cardenete y Sancho (2006).

7. Asignamos estos impuestos a la columna de consumo porque no proceden sólo del trabajo.

8. En esta celda aparece todo el ahorro nacional excepto el del sector público.

Nacional para el año 2000. Para la celda de transferencias netas del sector exterior utilizamos el saldo neto del gasto interior de los no residentes y el exterior de los residentes, como ya hemos señalado.



Tabla 2
Usos de renta (en millones de euros)

	Cuentas	Celdas	Valor
1	Sueldos y salarios brutos	30/ 28	247.209
2	EBE	30/ 29	255.488
3	Transferencias	30/ 38	83.430
4	Suma de rentas	(1+2+3)	586.127
5	Consumo	1-27/ 30	363.813
6	Seguridad Social empleados	36/ 30	16.179
7	Impuestos directos	37/ 30	64.002
8	AHORRO	(4-5-6-7)	142.133
9	Suma usos de renta	(4)	586.127

Fuente: *Elaboración propia*

Respecto al sector público los ingresos aparecen como suma de los impuestos directos e indirectos (38, 32:37).

El ahorro público (31, 38) es la única celda que se extrae de la propia SAM, ya que se deduce como saldo contable como consecuencia de la ley de Walras, y el resultado está contrastado con la Contabilidad Nacional.

En la tabla 3 presentamos la desagregación de cuentas sectoriales de la SAMESP00 y su correspondencia con el Marco Input-Output (MIOESP00). La desagregación de sectores está condicionada porque la SAMESP00 se utilizará como base de datos para un análisis del sector energético, por lo que las cuentas de este sector aparecen desagregadas (3, 4, 6, 7, 8).



Tabla 3
Estructura sectorial de la SAMESP00: Correspondencia con el MIOESP00 (Tabla Simétrica)

SAMESP00	MIOESP00
1. Agricultura, Ganadería y Silvicultura	1 y 2
2. Pesca, acuicultura y actividades relacionadas	3
3. Carbón	4



Tabla 3 (continuación)

*Estructura sectorial de la SAMESP00: Correspondencia con el MIOESP00
(Tabla Simétrica)*

SAMESP00	MIOESP00
4. Petróleo y Gas Natural	5
5. Resto extractivas no energéticas	6 y 7
6. Refino de petróleo	8
7. Producción y distribución de energía eléctrica	9
8. Producción y distribución de gas, vapor de agua y agua caliente	10
9. Captación, depuración y distribución de agua	11
10. Alimentación	12 al 16
11. Textil y piel	17 a 19
12. Elaborados de Madera	20 y 21
13. Químicas	23
14. Minería y siderurgia	29
15. Elaborados metálicos	30
16. Maquinaria	31 a 35
17. Vehículos	40
18. Materiales de construcción	36
19. Transporte	37
20. Otras manufacturas	22, 24, 38 y 39
21. Construcción	40
22. Comercio de vehículos y carburantes	41
23. Comercio	42 a 45
24. Transporte y Comunicaciones	46 a 52
25. Otros servicios	53 a 55, 58, 59, 60 y 65
26. Servicios destinados a la venta	56, 57, 61, 62, 63, 64, 66 y 73
27. Servicios no destinados a la venta	67 a 72

Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, comprobamos que la información de la SAM es correcta; para ello, contrastamos con la Contabilidad Nacional (tabla 4), verificando a través del cálculo del PIB tanto por la vía de la renta como por la del gasto.



Tabla 4

*Macromagnitudes de España, 2000***PIB perspectiva gasto (en millones de euros)**

1	Gasto consumo final hogares	1-27/30	363.813
2	Saldo neto compras internas de no residentes y externas de residentes	30/ 40	-27,177
3	Total gasto consumo final de los hogares	(1+2)	336.636
4	Gasto consumo final de AAPP	1-27/ 39	108.049
5	FBK	1-27/31	154.024
6	Demanda Nacional	(3+4+5)	598.709
7	Exportaciones sectoriales	1-27/ 40	152.775
8	Saldo neto compras internas de no residentes y externas de residentes	30/ 40	27,177
9	Exportaciones totales	(7+8)	179.952
10	Importaciones totales	40/1-27	199.450
11	Saldo externo	(9-10)	-19.498
12	Producto Interior Bruto	(6+11)	579.211

PIB perspectiva renta (en millones de euros)

13	Sueldos y salarios brutos	30/ 28	247.209
14	EBE	30/ 29	255.488
15	Seguridad Social empleadores	32/ 1-27	64.967
16	Impuestos indirectos netos	34/ 1-27	5.987
17	Tarifas	35/ 1-27	426
18	IVA	36/ 1-27	5.134
19	Producto Interior Bruto	(13+..+19)	579.211

Fuente: *Elaboración propia.*

3. LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL DE ESPAÑA 2000 (SAMESPOO)



Tabla 5

Matriz de contabilidad social de España 2000 en millones de euros a precios básicos (SAMESPOO)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.960	9	0	0	0	1	5	0	0	21.143
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	235
3	1	0	0	0	6	17	1.727	0	0	0
4	0	0	0	7	0	12.788	1	2.637	0	0
5	1	6	1	0	20	8	1	0	0	18
6	529	98	42	10	133	2.392	1.852	17	72	105
7	270	7	77	6	133	294	3.244	11	62	494
8	2	8	0	4	7	25	724	1	4	135
9	261	5	1	0	18	38	29	0	6	136
10	4.865	129	0	0	0	0	3	0	0	14.454
11	23	52	7	2	0	1	1	0	11	112
12	136	17	58	0	24	10	14	0	2	1.586
13	1.522	17	47	4	195	157	23	1	301	553
14	8	1	5	0	18	8	9	0	0	943
15	0	0	9	4	19	19	3	0	0	7
16	442	29	18	18	131	107	430	0	38	1.137
17	318	6	51	6	144	158	604	2	511	378
18	3	2	1	1	1	2	1	0	2	19
19	4	143	8	0	6	2	0	0	0	27
20	224	28	11	4	29	51	79	2	90	992
21	211	1	5	1	57	50	191	6	60	226
22	265	6	6	6	32	91	46	3	138	113
23	1.422	80	1	1	64	27	696	0	17	2.558
24	510	193	56	5	368	964	397	19	86	3.524
25	600	84	45	18	170	885	1.142	110	371	4.447
26	339	31	23	20	62	172	366	16	50	1.338
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	2.807	587	428	26	399	353	1.244	120	653	6.498
29	20.039	595	87	37	459	1.983	6.436	823	659	5.695
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	379	91	169	8	129	135	462	43	236	2.067



Tabla 5 (continuación)

Matriz de contabilidad social de España 2000 en millones de euros a precios básicos (SAMESP00)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	-1.374	-11	-1	1	57	487	-139	45	13	-2.808
34	15	2	1	0	2	10	3	0	7	27
35	7	0	0	0	0	2	0	0	0	86
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	5.413	780	879	15.450	1.701	5.533	119	0	0	10.991
Total recursos	42.199	2.998	2.033	15.637	4.384	26.767	19.711	3.857	3.389	77.233
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	583	1.195	92	1	0	2	14	0	0	89
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	19	4	206	2	7	0	0	0
4	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
5	2	17	343	731	1.461	47	23	0	0	11
6	29	80	2.687	233	218	69	109	27	37	83
7	224	414	376	567	485	413	498	407	55	581
8	103	150	277	358	177	71	52	52	7	81
9	34	17	52	24	12	36	38	19	7	33
10	428	39	186	0	0	0	8	0	0	3
11	8.701	37	153	44	48	26	97	609	36	650
12	173	6.340	461	347	63	232	328	101	47	6.113
13	1.407	967	9.547	824	1.252	771	901	644	162	3.344
14	2	15	147	1.782	84	123	434	349	35	106
15	16	37	49	338	2.132	8.482	4.616	4.768	472	1.968
16	166	299	111	543	1.485	1.847	3.418	1.663	405	2.404
17	301	387	673	1.060	843	996	10.441	2.213	685	999
18	11	2	7	20	5	35	196	18.836	99	46
19	0	3	0	3	2	12	24	1	1.506	10
20	444	307	751	178	2.805	274	1.615	3.003	464	4.663
21	47	64	60	175	33	93	146	54	7	76
22	62	55	272	124	98	63	154	692	32	168
23	1.408	970	510	662	859	773	1.253	161	162	1.639
24	1.168	1.045	1.997	2.759	1.367	1.112	1.475	1.452	200	1.839



Tabla 5 (continuación)

Matriz de contabilidad social de España 2000 en millones de euros a precios básicos (SAMESP00)

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25	1.567	915	2.939	1.581	1.105	1.470	3.867	2.188	642	3.237
26	336	159	583	478	213	322	518	242	92	512
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	3.858	2.350	3.485	3.249	2.183	4.977	7.332	4.254	1.354	7.302
29	2.407	2.281	3.896	3.221	3.489	3.021	4.598	3.113	439	5.069
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1.058	711	1.204	991	617	1.587	2.293	1.303	394	2.091
33	-269	-43	80	135	-95	46	79	24	-130	33
34	7	4	22	11	7	4	8	15	3	22
35	60	4	3	0	24	7	44	33	17	12
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	9.224	5.888	18.632	2.033	9.299	3.943	40.806	29.754	3.940	8.686
Total recursos	33.557	24.709	49.628	22.474	30.477	30.855	85.391	75.977	11.169	51.870

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	401	3	983	21	530	53	95	0	0	5.848
2	0	0	558	2	0	18	11	0	0	1.943
3	0	3	3	4	6	3	19	0	0	8
4	0	0	0	20	3	1	0	0	0	0
5	1.073	0	18	16	10	19	2	0	0	13
6	461	94	935	4.186	245	378	595	0	0	5.556
7	318	324	1.849	1.248	915	683	1.238	0	0	4.396
8	35	15	341	40	79	81	196	0	0	951
9	43	32	344	109	78	209	217	0	0	1.593
10	1	16	12.239	104	262	392	411	0	0	34.241
11	68	57	993	195	453	170	334	0	0	13.641
12	2.284	45	632	487	780	288	377	0	0	230
13	1.377	402	1.372	422	1.226	1.349	1.297	0	0	4.033
14	13.435	108	259	256	82	72	86	0	0	266
15	1.225	1	25	10	100	1	5	0	0	1
16	7.105	279	221	284	420	373	118	0	0	133



Tabla 5 (continuación)

Matriz de contabilidad social de España 2000 en millones de euros a precios básicos (SAMESP00)

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	Total empleos
9	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	3.389
10	419	0	0	0	0	0	0	0	9.032	77.233
11	239	0	0	0	0	0	0	0	6.797	33.557
12	212	0	0	0	0	0	0	0	3.323	24.709
13	210	0	0	0	0	0	0	4.631	10.672	49.628
14	127	0	0	0	0	0	0	0	3.719	22.474
15	98	0	0	0	0	0	0	0	6.073	30.477
16	3.719	0	0	0	0	0	0	0	3.513	30.855
17	25.306	0	0	0	0	0	0	82	19.749	85.391
18	10.077	0	0	0	0	0	0	0	29.019	75.977
19	3.343	0	0	0	0	0	0	43	3.727	11.169
20	3.734	0	0	0	0	0	0	0	7.713	51.870
21	78.791	0	0	0	0	0	0	0	9	125.511
22	1.727	0	0	0	0	0	0	0	1.473	22.302
23	2.747	0	0	0	0	0	0	2.222	8.388	162.650
24	166	0	0	0	0	0	0	989	12.251	96.402
25	13.225	0	0	0	0	0	0	1.067	13.800	151.258
26	8.645	0	0	0	0	0	0	6.739	147	122.708
27	0	0	0	0	0	0	0	92.277	0	99.253
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	247.209
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	255.488
30	0	0	0	0	0	0	0	83.430	27.177	613.304
31	0	0	0	0	0	0	0	-34.784	19.498	154.024
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.967
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.987
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.134
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	426
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.179
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64.002
38	0	64.967	5.987	5.134	426	16.179	64.002	0	0	156.695
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	199.450
Total recursos	154.024	64.967	5.987	5.134	426	16.179	64.002	156.695	199.450	

Fuente: Elaboración propia

Capítulo II

ANÁLISIS SECTORIAL DE LA ECONOMÍA
ESPAÑOLA A PARTIR DE LA MATRIZ DE
CONTABILIDAD SOCIAL PARA EL AÑO 2000



Como ya desarrollamos en el capítulo anterior, en una SAM aparecen reflejadas todas las transacciones realizadas en el conjunto de una economía durante un período de tiempo, reflejando las relaciones existentes entre los agentes económicos, y siendo su construcción útil en un doble sentido, ya que, además de describir una realidad económica, son de gran utilidad como base de datos para construir modelos. En este capítulo presentamos una de las metodologías que se pueden desarrollar a partir de las SAM, con el objetivo de identificar los sectores clave de la economía española. Para ello, comenzamos extendiendo el Modelo de Leontief a Modelos SAM lineales para evaluar después, mediante el análisis de los multiplicadores simples y extendidos derivados de la SAMESPOO, los cambios en producción, renta o empleo en las cuentas endógenas a causa de variaciones en las cuentas exógenas en ambos modelos. A partir de ahí, calculamos los enlaces que nos permiten la identificación de aquellos sectores que más contribuyen a activar la economía y que son definidos como sectores clave. Una vez que tenemos clasificados los sectores productivos de la economía española, pasamos a centrarnos en las ramas energéticas presentando una panorámica general de este sector.

1. LOS MODELOS SAM LINEALES

Una de las aplicaciones que podemos realizar con las SAM, como ya hemos comentado, es la de extender el Modelo de Leontief a Modelos SAM lineales, para evaluar, mediante el cálculo de los multiplicadores, como son los cambios en producción, renta o empleo en las cuentas endógenas a causa de políticas que modifiquen las cuentas exógenas. La Teoría de multiplicadores fue iniciada por Stone (1978), y Pyatt y Round (1979), desarrollándose posteriormente con trabajos como los de Defourney y Thorbecke (1984).

En una economía con n sectores, la ecuación del Modelo Leontief viene definida como:

$$Y_j = A_{ij}Y_j + D_j \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Donde Y es el vector de producción, A la Matriz de propensiones medias de gasto de la SAM (cuyos elementos representan coeficientes medios de gasto: $a_{ij} = Y_{ij} / Y_j$, y mostrando los pagos a la cuenta i por unidad de renta de j), y D el vector de demandas finales.

Operando (1), al despejar el vector de producción Y , obtenemos la matriz $M = (I - A)^{-1}$, conocida como la Inversa de Leontief, siendo cada elemento de M (m_{ij}) los multiplicadores simples del Modelo Leontief que pueden interpretarse como las necesidades de inputs por incrementos unitarios de gasto o renta (según hablemos de columnas o filas) en una cuenta. Se llaman simples porque no captan las relaciones entre la producción, la renta de los factores, la distribución de la renta y la demanda final.

El Modelo SAM lineal extiende el Modelo de Leontief para capturar esos enlaces⁹, de la siguiente forma: se considera una matriz cuadrada $n \times n$ donde cada fila y cada columna

9. Cardenete y Sancho (2006).

representan una cuenta económica (sectores productivos, consumidores, gobierno, cuenta de capital, etc.) que satisface las igualdades contables de la economía (total renta igual a total gasto).

Cada componente Y_{ij} de la matriz representa el flujo bilateral entre la cuenta i y la cuenta j . Cada fila de la SAM recoge el total de ingresos que la fila i recibe de las columnas j ; las columnas muestran el total de renta de la columna j y cómo se distribuye entre las distintas cuentas i . Los coeficientes medios de gasto: $a_{ij} = Y_{ij} / Y_j$, $i, j=1, \dots, n$, muestran de nuevo los pagos a la cuenta i por unidad de renta de j . De esta definición se puede obtener:

$$Y_i = \sum_{j=1}^n \left(Y_{ij} / Y_j \right) Y_j = \sum_{j=1}^m a_{ij} Y_j + \sum_{j=m+1}^{m+k} a_{ij} Y_j \quad n = m + k \quad (2)$$

Los índices m y k representan la división de las cuentas de la SAM entre endógenas y exógenas, lo que divide la matriz $n \times n$ en 4 submatrices: A_{mm} , A_{mk} , A_{km} , y A_{kk} .

Y_m e Y_k denotan la renta total de las cuentas endógenas y exógenas respectivamente, por lo que se puede despejar Y_m y obtener

$$Y_m = A_{mm} Y_m + A_{mk} Y_k \quad (3)$$

y de ahí, siguiendo el mismo procedimiento que con la ecuación de Leontief, obtener la matriz de multiplicadores extendidos a partir de

$$Y_m = (I - A_{mm})^{-1} Z \quad (4)$$

donde Z es el vector de las columnas exógenas¹⁰ ($A_{mk} Y_k$), y $(I - A_{mm})^{-1}$ la matriz de los multiplicadores extendidos de la SAM, a la que llamaremos M , siendo su interpretación similar a la que tiene la inversa en el Modelo Leontief; si llamamos dZ a los cambios en el vector de cuentas exógenas, los cambios en la renta de las cuentas endógenas serían¹¹:

$$dY_m = M dZ = M d(A_{mk} Y_k) = M A_{mk} dY_k \quad (4)$$

indicando la columna i -ésima de M las rentas totales generadas en cada una de las cuentas endógenas cuando se produce un flujo unitario de renta desde las instituciones exógenas hacia la cuenta endógena i .

Hay que señalar que la selección de m (es decir, la decisión de qué cuentas son endógenas) depende del análisis que se vaya a realizar, y en función de eso se decide qué cuentas son las que explican (exógenas) cambios en la renta de otras cuentas (endógenas).

10. La submatriz A_{mk} representa cómo se reparten los flujos de renta de las cuentas exógenas entre las cuentas endógenas.

11. Polo, Roland-Host, y Sancho (1990).

La diferencia entre los multiplicadores simples y extendidos está en el hecho de que la matriz A_{mm} podría incluir relaciones adicionales más allá de las relaciones interindustriales. El Modelo SAM permite computar ambas relaciones, directas e indirectas, a través del uso de las matrices de multiplicadores simples y extendidos como requerimientos totales de inputs por unidad de cada bien sectorial de la economía.

2. ANÁLISIS SECTORIAL: METODOLOGÍA

Una vez que hemos definido los Modelos SAM, pasamos a observar cuáles son los sectores que mayor efecto difusión o absorción tienen en una economía, para poder determinar después cuáles son los sectores clave de la misma.

Para ello, comenzamos definiendo los vectores de multiplicadores ($M_{.j}$, $M_{i.}$), cuyos elementos se corresponden con la suma de cada columna y cada fila de M , respectivamente:

$$M_{.j} = \sum_{i=1}^n m_{ij} \quad j = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$M_{i.} = \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

Obteniendo con ello un coeficiente agregado ($M_{.j}$) que refleja cómo un incremento en una unidad de una de las cuentas exógenas (de la demanda final para el caso de los multiplicadores simples) hacia una de las cuentas endógenas provoca un incremento en la demanda que de ese sector hace el resto de cuentas endógenas, es decir, refleja las rentas totales generadas en cada una de las cuentas endógenas cuando se produce un flujo unitario de renta, procedente de una modificación del nivel de renta de las cuentas exógenas, hacia ese sector. A esta medida de la capacidad de expandir la renta de la economía la llamamos efecto difusión¹².

Para valorar el efecto absorción (o efecto hacia delante), sumamos los coeficientes de todas las celdas de una fila de M . El coeficiente agregado del sector de la fila i -ésima ($M_{i.}$) mide la renta recibida (absorbida) por este sector cuando todas las demás cuentas reciben una inyección exógena de renta de forma uniforme de una unidad. Este coeficiente es, por tanto, una medida de la sensibilidad de un sector a variaciones en los demás, mientras que el coeficiente anterior es una medida de cómo las variaciones de un sector influyen en los demás.

De aquí podemos identificar los sectores clave a partir del cálculo de unos enlaces, que definimos a continuación.

12. También denominado Efecto Arrastre o hacia atrás.

Para determinar estos sectores partimos de dos tipos de enlaces, definidos por Rasmusen (1956):

- $FL_{i.}$: Analiza los efectos absorción, vínculos hacia delante o *forward linkages*.

$$FL_{i.} = \frac{M_{i.}}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_{i.}} \quad (7)$$

- $BL_{.j}$: Analiza los efectos difusión, vínculos hacia atrás o *backward linkages*.

$$BL_{.j} = \frac{M_{.j}}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_{.j}} \quad (8)$$

La interpretación de estos enlaces es como sigue: aquellos sectores con *forward linkages* (FL) superior a uno son sectores con sensibilidad de dispersión, o lo que es lo mismo, son más sensibles que la media a cambios en el resto del sistema (tienen un efecto absorción superior a la media de la economía).

Los sectores con *backward linkages* (BL) superior a uno tienen poder de dispersión, es decir, sus cambios influyen más en el sistema que la media (tienen un efecto difusión superior a la media de la economía). Nótese que estos enlaces se obtienen a partir de los coeficientes agregados $M_{.j}$ y $M_{i.}$, corregidos, dividiéndolos por la media aritmética de la suma de estos coeficientes agregados, para, con ello, obtener una medida de la capacidad de influir o ser influido por el sistema en relación con un valor medio de referencia de la economía.

Ambos enlaces nos permiten, además, identificar cuáles son los sectores clave de una economía, que se definen como aquellos sectores que tienen tanto poder de dispersión ($BL_{.j} > 1$), como sensibilidad de dispersión ($FL_{i.} > 1$). Se les identifica como clave porque estos sectores, al ser más sensibles que la media, son fuertemente impulsados por variaciones en cualquier sector, y este impulso afecta, a su vez, de forma importante al resto del sistema, con lo que pueden provocar un aumento generalizado de la actividad económica (debido a que sus ofertas y demandas están en la mayoría de los casos muy repartidas entre las distintas ramas, y, además, a que suelen ser fuertes demandantes de inputs intermedios).

Para completar este análisis sectorial de la economía española, calculamos la Matriz del Producto Multiplicador (MPM), derivada de la SAM, que nos permite analizar las interdependencias sectoriales de la economía española. A partir de M , se definen los elementos de esta matriz como el producto de los multiplicadores M fila ($M_{i.}$) y columna ($M_{.j}$), dividido por un factor de intensidad total, este factor es calculado como la suma de todos los elementos de la matriz M :

$$MPM_{ij} = \frac{M_{i.} \cdot M_{.j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}} \quad (9)$$

Esta matriz MPM permite identificar cuáles son los sectores que generan un impacto superior a la media en la economía (sectores con poder de dispersión), por cambios en ellos mismos, y cuáles son los sectores que se ven más influidos por cambios en el resto del sistema (sectores con sensibilidad de dispersión), así como la forma en la que interactúan con el resto de ramas del sistema.

2.1. Sectores clave de la economía española

Realizamos este análisis para la economía española a partir de la SAM de multiplicadores extendidos (SAMESPOO), donde hemos considerado como endógenas las cuentas de los 27 sectores, al igual que en el cálculo de los multiplicadores simples, y, además, endogeneizamos las cuentas de trabajo, capital y consumo (28 a 30), dejando como exógenas todas las demás (31 a 39)¹³.

En la tabla 6, presentamos los resultados de los *Forward* y *Backward Linkages* (*BL* y *FL*) obtenidos a partir de la SAMESPOO, en orden de importancia decreciente. La interpretación de esta tabla es como sigue: en la cuenta 10 de la SAM (Alimentación), por ejemplo, un cambio en la demanda final de este sector provoca en el resto de sectores un incremento de un 40,92% por encima de la reacción media esperada, mientras que un cambio en una unidad en la demanda final de todos los sectores provoca un aumento en la cuenta de alimentación de un 13,57% por encima de la media. En este caso, diríamos que la rama de Alimentación (10) es un sector con poder y sensibilidad de dispersión, o dicho de otra forma, es más afectado que la media por cambios en el resto de sectores e influye más en la economía que la media. Este es un ejemplo de sector clave, definido por Rasmussen como aquellos sectores con ambos índices, *BL* y *FL*, superiores a uno.

Por lo tanto, a la vista de los resultados obtenidos, podemos ya determinar cuales son, según este primer análisis, los sectores clave de la economía española, clasificando las distintas ramas según los valores que se obtienen para ambos índices.

¹³. De la misma forma, se pueden comparar los resultados endogeneizando más cuentas como la Inversión (31) o el Sector Público (38). Por ejemplo, al realizar esta aplicación endogeneizando la inversión obtuvimos como resultado que el orden de las cuentas sólo varía para las 8 primeras, manteniéndose el resto en la misma posición, y que se sitúan entre los 5 primeros tanto los servicios destinados a la venta como los no destinados a la venta.



Tabla 6

Backward y Forward Linkages de la economía española

Sectores	Efecto difusión		Sectores	Efecto absorción
BL21	1,4582	1	FL23	2,0479
BL23	1,4479	2	FL25	1,8495
BL26	1,4299	3	FL26	1,5412
BL10	1,4092	4	FL24	1,4011
BL7	1,3984	5	FL10	1,1357
BL1	1,3983	6	FL13	0,7719
BL22	1,3671	7	FL20	0,7693
BL24	1,3331	8	FL4	0,7480
BL9	1,3190	9	FL17	0,7440
BL14	1,2946	10	FL1	0,7423
BL27	1,2908	11	FL18	0,6724
BL25	1,2813	12	FL11	0,6241
BL16	1,2015	13	FL21	0,6222
BL20	1,1924	14	FL6	0,6051
BL12	1,1364	15	FL12	0,5983
BL2	1,1274	16	FL15	0,5770
BL11	1,0791	17	FL7	0,5759
BL15	1,0366	18	FL16	0,5365
BL19	0,9422	19	FL22	0,5069
BL5	0,9306	20	FL14	0,3889
BL13	0,8972	21	FL19	0,3312
BL18	0,8597	22	FL27	0,3267
BL3	0,8326	23	FL8	0,3122
BL17	0,7988	24	FL5	0,3006
BL8	0,7960	25	FL3	0,3006
BL6	0,6871	26	FL9	0,2894
BL4	0,2580	27	FL2	0,2782

* Los datos en color son los sectores energéticos.

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

Aunque esta clasificación se puede realizar directamente con los datos obtenidos en la Tabla 6, como podemos observar, es recomendable ponderarlos con el peso que tiene cada rama en la Demanda Final, para evitar identificar como sector clave a ramas con poca importancia (o peso) en la economía española, e ignorar ramas que tengan un alto peso en la Demanda Final. Por ello, se ponderan estos índices multiplicando las expresiones (7) y (8) por el peso que tiene cada sector en la demanda final con $(n \cdot Di/DF)$, para destacar la diferente importancia relativa de cada rama, siendo Di la Demanda Final del sec-

tor i y DF de la Demanda Final Total. De esta forma, obtenemos en la tabla 7 una clasificación de las distintas ramas productivas de la economía española, según los BL y FL ponderados con el peso en la Demanda Final (a los que llamamos BLP y FLP), que difieren ligeramente de los obtenidos en la tabla 6, y que ordenamos en orden de importancia decreciente.

Si observamos la tabla 6, vemos como la rama de Construcción (21) no estaría incluida dentro de los sectores clave si no se ponderan los índices, éste es un buen ejemplo de la necesidad de ponderarlos. Queremos destacar en este punto el caso de la rama de Comercio de Vehículos y Carburantes (22), si observamos la tabla 6 vemos como obtenemos un BL superior a uno, sin embargo, al ponderarlo con la Demanda Final el BLP obtenido es cercano a cero, esto es debido a que, al ser la SAMESP00 a precios de adquisición, por definición, todos los gastos relacionados con esta rama están incluidos en los consumos intermedios¹⁴.

En el caso concreto de la rama de Alimentación (10) vemos como es uno de los sectores productivos con mayor influencia sobre el sistema en ambos enlaces, posición que pierde al ponderarse con la demanda final. Algo parecido le sucede a la Agricultura y Ganadería (1), esto seguramente tiene que ver con la fuerte relación entre ambas ramas.



Tabla 7

Backward y Forward Linkages ponderados de la economía española

Sectores	Efecto difusión		Sectores	Efecto absorción
BL27	6,1202	1	FL25	2,6698
BL21	5,9044	2	FL21	2,5194
BL17	1,8527	3	FL17	1,7256
BL25	1,8495	4	FL27	1,5491
BL18	1,7270	5	FL23	1,4055
BL26	1,1412	6	FL18	1,3507
BL23	0,9937	7	FL26	1,2299
BL24	0,9182	8	FL24	0,9651
BL13	0,7152	9	FL13	0,6153
BL20	0,7013	10	FL10	0,5515
BL10	0,6844	11	FL20	0,4525
BL1	0,5870	12	FL1	0,3116
BL16	0,4465	13	FL11	0,2256
BL11	0,3901	14	FL16	0,1994

14. Aclaramos aquí que el consumo de carburantes para vehículos de uso privado se ha imputado a la fila de refinado de petróleo por hacerlo así el MIOESP00, quedando el transporte contemplado en la cuenta de Transporte y Comunicaciones limitada a la demanda de transporte colectivo.



Tabla 7 (continuación)

Backward y Forward Linkages ponderados de la economía española

Sectores	Efecto difusión		Sectores	Efecto absorción
BL19	0,3443	15	FL15	0,1830
BL15	0,3287	16	FL6	0,1710
BL14	0,2558	17	FL19	0,1211
BL22	0,2248	18	FL12	0,1087
BL12	0,2064	19	FL22	0,0834
BL6	0,1941	20	FL14	0,0768
BL5	0,0260	21	FL5	0,0084
BL2	0,0133	22	FL4	0,0063
BL7	0,0089	23	FL7	0,0037
BL4	0,0022	24	FL2	0,0033
BL3	-0,0001	25	FL3	0,0000
BL9	-0,0001	26	FL9	0,0000
BL8	-0,0047	27	FL8	-0,0019

* Los datos en color son los sectores energéticos.

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

Respecto a los sectores con un alto Efecto absorción, hay que resaltar que, exceptuando aquellos ya incluidos como sectores clave, ningún sector tiene un *FLP* igual o superior a uno, es por ello que hemos optado por incluir aquí al sector Transporte y Comunicaciones (24), por presentar el mayor valor cercano a uno (0,97) y destacar sobre los demás.

Queremos resaltar que las ramas con unos índices ponderados más bajos son aquellas relacionadas con la industria energética, al contrario de lo que sucede en los índices sin ponderar, donde destaca entre las ramas con mayor efecto difusión la Energía Eléctrica (7), que se sitúa en la quinta posición frente a la posición veintitrés en los índices ponderados.

En el gráfico 1 podemos ver clasificados a los sectores de la economía española en función de su *BLP* y *FLP*, de forma que separamos los sectores en cuatro grupos.



Gráfico 1

Sectores clave de la Economía Española a partir de la SAMESP00



Fuente: *Elaboración propia*

Son sectores clave de la economía española, por lo tanto, las ramas de Comercio (23), Servicios destinados a la venta (26), y Otros servicios (25). Además de estas tres ramas, podemos incluir también entre los sectores clave, por encontrarse con altos BLP y rondando la unidad en el FLP, a la rama de Construcción (21), y, algo menos claro, a la rama de Alimentación (10).

Por otra parte, vemos en el gráfico 1 a la rama de Servicios no destinados a la venta (27) que está posicionado dentro del grupo de sectores con poder de dispersión, y con un FLP cercano a uno.

Hay un tercer grupo de sectores que se encuentran muy cerca del cruce de ambos ejes, es decir, que en ambos índices ponderados presentan valores muy cercanos a la unidad. En este grupo destaca en primer lugar la rama de Transporte y Comunicaciones (24), seguida de Vehículos (17) y Materiales de construcción (18).

A la vista de estos resultados podemos concluir afirmando el alto grado de terciarización de la economía española, así como la debilidad de su sector secundario, con las únicas excepciones de las ramas de Alimentación (10), Vehículos (17) y Materiales de Construcción (18).

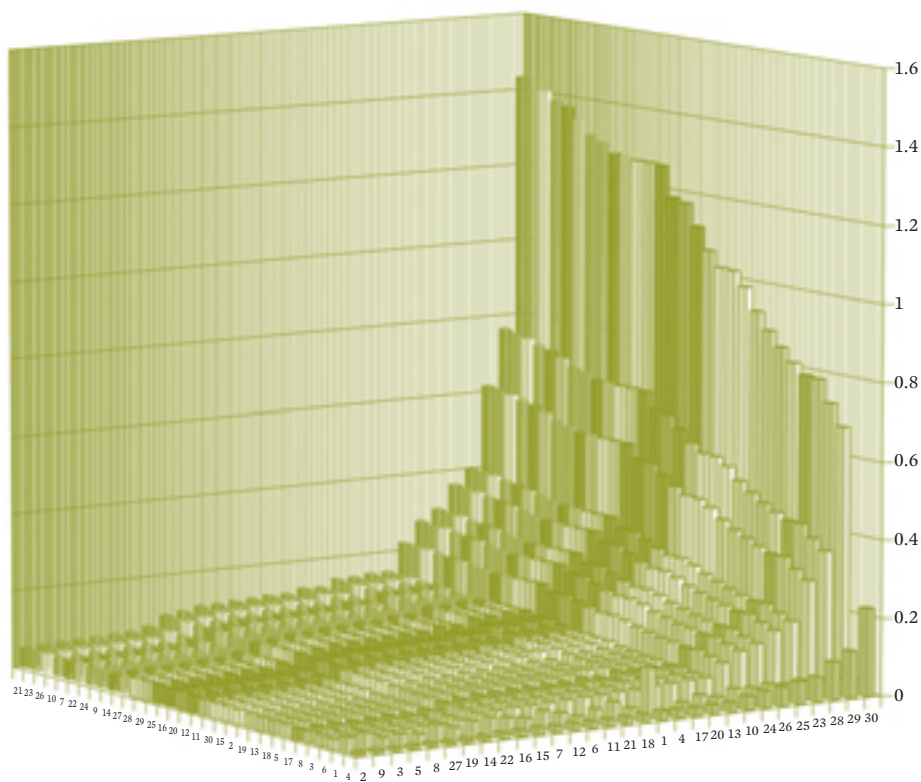
Finalmente, llamamos sectores independientes a aquéllos que se ven poco afectados por cambios en el resto de ramas y que afectan poco a la actividad económica. Entre estos sectores se encuentran la mayor parte de las ramas del sector secundario español, lo que nos confirma la debilidad del sector.

El caso del sector Agua (9) es digno de ser mencionado, ya que aparece en los índices sin ponderar de la tabla 6 con un alto efecto difusión, pero al ser ponderado desaparece de este grupo, estando en las últimas posiciones¹⁵. Algo parecido le sucede al sector de Petróleo y Gas natural (4), que tiene un *FL* relativamente alto y, sin embargo, pierde importancia al ponderarlo con la demanda. Esto viene a reflejar que si bien los sectores energéticos, incluyendo el agua, son sectores con una alta influencia en la economía, ninguno de ellos tiene un peso suficientemente alto en la demanda final, arrastrando la ponderación que realizamos a sus índices hacia las últimas posiciones, a excepción del Refino de petróleo (6), que se mantiene en posiciones intermedias.



Gráfico 2

Landscape económico de España (2000)



Fuente: *Elaboración propia a partir de la SAMESP00*

15. Hay que aclarar que en algunos casos, como en la rama de Agua (19), los índices aparecen negativos al estar ponderados con la demanda final no endogeneizada, en la que tiene un alto peso la Formación Bruta de Capital que en algún caso presenta valores negativos, por lo que al multiplicar o dividir por la misma nos ofrece unos resultados algo inferiores a cero.

Para terminar presentamos, a título ilustrativo, el gráfico 2, a partir del cual podemos tener una idea del paisaje tridimensional (Landscape) de la economía española, reordenando la MPM, según la importancia de los enlaces intersectoriales de forma que obtenemos una visión jerarquizada de los sectores clave y sus trayectorias. En esta gráfica podemos identificar visualmente cuáles son las cuentas agregadas ordenadas jerárquicamente, según tengan mayor capacidad de absorción (*FL*) y arrastre (*BL*), así como las relaciones entre ellas.

3. METODOLOGÍA DE DESCOMPOSICIÓN DE MULTIPLICADORES

En este apartado completamos el análisis sectorial mediante el desarrollo de la metodología de descomposición de multiplicadores a partir de Defourny y Thorbecke (1984) y Pyatt y Round (1985), y a partir de trabajos como los de Polo, Roland Host y Sancho para la economía española.

Esta metodología nos permite incorporar otros vínculos, además de los ya analizados en los apartados anteriores (interindustriales), que se producen entre las rentas de los factores primarios y las diversas instituciones que forman la demanda final.

Partiendo de la ecuación básica desarrollada en los apartados anteriores,

$$Y_m = A_{mm} \cdot Y_m + Z \quad (10)$$

De donde obtenemos,

$$Y_m = (I - A_{mm})^{-1} Z \quad (11)$$

siendo Z el vector de las columnas exógenas¹⁶, y $(I - A_{mm})^{-1}$ la matriz de los multiplicadores extendidos de la SAM a la que llamaremos M , siendo su interpretación similar a la que tiene la inversa en el Modelo Leontief, si llamamos dZ a los cambios en el vector de cuentas exógenas, los cambios en la renta de las cuentas endógenas sería¹⁷:

$$dY_m = M dZ = M d(A_{mk} Y_k) = M A_{mk} dY_k \quad (12)$$

donde un elemento genérico m_{ij} indica el efecto que una inyección exógena de una unidad de renta recibida por una cuenta endógena j genera sobre la cuenta endógena i . La columna i -ésima de M indica las rentas totales generadas en cada una de las cuentas endógenas cuando se produce un flujo unitario de renta desde las instituciones exógenas hacia la cuenta endógena i . Así, aquellas cuentas con un valor más alto serán las correspon-

16. La submatriz A_{mk} representa cómo se reparten los flujos de renta de las cuentas exógenas entre las cuentas endógenas.

17. Polo, Roland-Host, y Sancho (1990).

dientes a aquellos sectores que generan mayores efectos multiplicadores sobre el resto de la economía, cuando se actúa sobre ellos con actuaciones de política económica.

La descomposición de multiplicadores contables comienza realizándose de forma multiplicativa, para pasar, posteriormente, a transformarla en aditiva con el objetivo de poder separar los distintos sumandos y que nos permitirá distinguir entre los llamados efectos propios, efectos abiertos y, por último, efectos circulares.

Partiendo de la expresión inicial $Ym = Amm \cdot Ym + Z$, sumamos y restamos la matriz A'_{mm} en la que todos sus elementos son cero, exceptuando los de las filas y columnas correspondientes a las actividades productivas:

$$Ym = (Amm - A'_{mm}) \cdot Ym + A'_{mm} \cdot Ym + Z \quad (13)$$

$$Ym = A^* \cdot Ym + (I - A'_{mm})^{-1} Z \quad (14)$$

Siendo $A^* = (I - A'_{mm})^{-1} \cdot (Amm - A'_{mm})$ ¹⁸, multiplicando ambos lados de la ecuación (14) por A^* obtenemos

$$A^*Ym = A^{*2} \cdot Ym + A^* \cdot (I - A'_{mm})^{-1} \cdot Z \quad (15)$$

Sustituyendo A^*Ym de la ecuación (14) en el lado izquierdo de la ecuación tenemos,

$$Ym = A^{*2} \cdot Ym + (I + A^*) \cdot (I - A'_{mm})^{-1} \cdot Z \quad (16)$$

Repetiendo esta operación multiplicando de nuevo por A^* y sustituyendo obtenemos,

$$Ym = (I - A^{*3})^{-1} \cdot (I + A^* + A^{*2}) \cdot (I - A'_{mm})^{-1} \cdot Z \quad (17)$$

De donde podemos separar las siguientes matrices,

- $M_1 = (I - A')^{-1}$, que recoge los efectos propios, directos o de transferencia, debidos a transferencias intra-actividades, y que refleja los efectos que sobre una cuenta tiene una inyección exógena de renta en ella misma.
- $M_2 = (I + A^* + A^{*2})$, recoge los efectos abiertos o indirectos, y que refleja los efectos que tiene una inyección exógena de renta en una cuenta sobre el resto de cuentas endógenas.
- $M_3 = (I - A^{*3})^{-1}$, recoge los efectos circulares o inducidos que contienen los efectos de retroalimentación.

Con este procedimiento se ha logrado descomponer la matriz de multiplicadores contables en otras tres matrices, mediante una expresión multiplicativa, siguiendo a Pyatt y

18. El segundo multiplicando de la matriz A^* , $(Amm - A'_{mm})$, es la matriz complementaria de A'_{mm} en la que todos los elementos correspondientes a las filas y columnas de las actividades productivas serían cero.

Round (1979). A partir de aquí, se realiza una transformación sobre los calculados mediante la descomposición multiplicativa. Dicha transformación consiste en expresar de forma aditiva los multiplicadores resultantes para una más fácil interpretación y comparación de cada uno de ellos.

$$M = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 = I + (M_1 - I) + (M_2 - I) \cdot M_1 + (M_3 - I) \cdot M_2 \cdot M_1 \quad (18)$$

$M - I$ es el efecto multiplicador total neto.

$N_1 = M_1 - I$ es el efecto neto propio o directo.

$N_2 = (M_2 - I) \cdot M_1$ es el efecto neto abierto o indirecto.

$N_3 = (M_3 - I) \cdot M_2 \cdot M_1$ es el efecto neto circular o inducido.

De forma que la ecuación (18) podemos expresarla como:

$$M - I = N_1 + N_2 + N_3 \quad (19)$$

En estas expresiones la matriz I ó matriz identidad nos permite sustraer la inyección de renta inicial para cada uno de los efectos; de esta forma, podemos hablar de una descomposición expresada en términos netos.

3.1. Aplicación empírica para la economía española

Aplicando el análisis teórico anterior a la SAMESPOO, y manteniendo el nivel de endogenización utilizado en el apartado anterior, obtenemos cuatro tipos de multiplicadores: los que miden los efectos propios, abiertos, circulares, que de forma agregada constituyen los efectos totales. Por lo tanto, tenemos 27 ramas productivas (trabajo, consumo y capital) como cuentas endógenas, y el resto de cuentas son exógenas (sector público, impuestos, sector exterior y ahorro/inversión).

Un análisis similar, utilizando la inversa de Leontief del Modelo Input-Output en lugar de la matriz de multiplicadores contables de la SAM, tendría la limitación de no permitir medir los efectos de retroalimentación sobre la demanda final de un sector determinado. Tal y como señalamos en apartados anteriores, los multiplicadores contables obtenidos de una SAM incorporan las relaciones entre instituciones y actividades productivas (efectos inducidos o circulares, según hablemos de descomposición multiplicativa o aditiva), además de las relaciones intersectoriales. Es por ello que la principal aportación que, en este sentido, tienen los modelos SAM es la de incluir este efecto que capta la retroalimentación desde los agentes generadores de renta hacia los sectores productivos, tras inyectarse renta de éstos hacia las instituciones¹⁹.

19. Bosch et alia (1997).

En cuanto a los resultados que presentamos, se han calculado los multiplicadores, que explicamos en el apartado anterior, y sus agregados tanto por filas (*forward linkages*) como por columnas (*backward linkages*), de forma que nos permite descomponer ambos enlaces en los diferentes efectos. Como puede observarse, si se comparan ambas tablas el valor agregado de los multiplicadores netos es el mismo, como era de esperar.

La presentación de los resultados en ambas tablas está, tanto en términos absolutos como relativos, en porcentajes del efecto neto total, de forma que podamos valorar la importancia que cada uno de estos mecanismos de transmisión tiene para la economía española. Concretamente, presentamos en las tres primeras columnas los efectos netos de cada uno de estos mecanismos de transmisión de forma diferenciada, a continuación se presenta la suma de éstos como medida agregada del efecto total, que se corresponde con *M-I*. En las tres últimas columnas presentamos los pesos que cada efecto neto tiene en el total.

En la tabla 8 podemos ver los resultados obtenidos en la descomposición del efecto absorción en los tres efectos netos, así como el efecto neto total definido como suma de las tres primeras columnas. Añadimos en esta tabla tres columnas donde presentamos los porcentajes que cada uno de estos efectos tiene en el total para cada fila de la SAMESPOO.

En primer lugar, tenemos el Efecto propio o directo, donde destacan todas las ramas de servicios de mercado a excepción de Comercio de vehículos y carburantes (22), algunas ramas del sector secundario, como es el caso de Químicas (13) y Vehículos (17), y las ramas del sector energético español de Petróleo (4) y Refino (6), principalmente. Estos son sectores en los que los incrementos de renta son debidos en un mayor porcentaje a inyecciones de renta propias.



Tabla 8

Descomposición del Efecto absorción (FL_i) en Efectos netos totales, propios, abiertos y circulares, y porcentajes

Cuentas	Efecto propio (N1)	Efecto abierto (N2)	Efecto circular (N3)	Efecto total	% N1	% N2	% N3
1. Agricultura y Ganadería	0,7857	0,0423	1,2082	2,0362	38,59	2,08	59,34
2. Pesca	0,0129	0,0042	0,1207	0,1378	9,36	3,05	87,59
3. Carbón	0,1757	0,0018	0,0518	0,2293	76,62	0,78	22,59
4. Petróleo y Gas Natural	1,6802	0,0128	0,3663	2,0593	81,59	0,62	17,79
5. Resto extractivas no energéticas	0,1926	0,0013	0,0358	0,2297	83,85	0,57	15,59
6. Refino de petróleo	0,8437	0,0214	0,6100	1,4751	57,20	1,45	41,35
7. Energía eléctrica	0,7866	0,0192	0,5498	1,3556	58,03	1,42	40,56
8. Gas, vapor de agua y agua caliente	0,1651	0,0038	0,1081	0,2770	59,60	1,37	39,03
9. Agua	0,0596	0,0042	0,1197	0,1835	32,48	2,29	65,23
10. Alimentación	0,7890	0,0966	2,7593	3,6449	21,65	2,65	75,70
11. Textil y piel	0,5311	0,0346	0,9870	1,5527	34,20	2,23	63,57



Tabla 8 (continuación)

Descomposición del Efecto absorción (FL_i) en Efectos netos totales, propios, abiertos y circulares, y porcentajes

Cuentas	Efecto propio (N1)	Efecto abierto (N2)	Efecto circular (N3)	Efecto total	% N1	% N2	% N3
12. Elaborados de Madera	1,0301	0,0141	0,4027	1,4469	71,19	0,97	27,83
13. Químicas	1,3879	0,0260	0,7432	2,1571	64,34	1,21	34,45
14. Minería y siderurgia	0,3993	0,0065	0,1850	0,5908	67,59	1,10	31,31
15. Elaborados metálicos	1,0841	0,0093	0,2667	1,3601	79,71	0,68	19,61
16. Maquinaria	0,8638	0,0112	0,3193	1,1943	72,33	0,94	26,74
17. Vehículos	1,2986	0,0252	0,7192	2,0430	63,56	1,23	35,20
18. Materiales de construcción	0,7306	0,0345	0,9849	1,7500	41,75	1,97	56,28
19. Elementos de transporte	0,2704	0,0029	0,0815	0,3548	76,21	0,82	22,97
20. Otras manufacturas	1,0836	0,0359	1,0268	2,1463	50,49	1,67	47,84
21. Construcción	0,7328	0,0275	0,7846	1,5449	47,43	1,78	50,79
22. Comercio de vehículos y carburantes	0,3563	0,0243	0,6928	1,0734	33,19	2,26	64,54
23. Comercio	1,0102	0,2153	6,1505	7,3760	13,70	2,92	83,39
24. Transporte y Comunicaciones	2,2404	0,0842	2,4060	4,7306	47,36	1,78	50,86
25. Otros servicios	2,7971	0,1274	3,6401	6,5646	42,61	1,94	55,45
26. Servicios destinados a la venta	0,8576	0,1504	4,2953	5,3033	16,17	2,84	80,99
27. Servicios no destinados a la venta	0,0000	0,0114	0,3249	0,3363	0,00	3,39	96,61
Media simple*	0,7655	1,3799	1,4130	3,6095	20,47	15,89	63,64

* La media simple está calculada sobre las treinta cuentas endógenas.

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

En segundo lugar, tenemos el Efecto abierto o indirecto, que también se denomina de efectos cruzados, ya que los elementos de su diagonal principal son submatrices identidad. En este caso, hay que destacar de nuevo las ramas de servicios de mercado, especialmente Comercio (22 y 23), Servicios destinados a la venta (26), y Otros servicios (25). Estos son sectores con mayor capacidad para absorber incrementos de renta procedentes de otras cuentas.

Finalmente, tenemos el Efecto circular o inducido, que recoge la reacción ante un impulso procedente de una de las cuentas exógenas sobre sí mismas, como consecuencia del flujo circular de la renta. En este caso, destacan las ramas de servicios de mercado, sobre todo el Comercio (23), además de Alimentación (10). Son sectores con mayor capacidad para absorber incrementos de renta debidos al flujo circular de la renta.

En términos generales podemos hablar de un mayor peso de los efectos circulares, seguido de los efectos netos directos, y de los efectos indirectos, como podemos obser-

var en la tabla 8²⁰, y destacando las ramas de servicios de mercado en todos ellos. En el caso de los efectos circulares vemos como alcanza sus valores máximos en las ramas de servicios de mercado. En cuanto al efecto propio, el segundo en importancia en términos agregados, observamos como presenta los porcentajes más altos para los multiplicadores del sector secundario, incluyendo a las ramas energéticas, como era de esperar, ya que en este efecto se incluyen precisamente las relaciones inter-industriales. Llama la atención en la descomposición del efecto absorción como los efectos netos propios parecen ser complementarios de los otros dos efectos, lo que viene explicado por el origen de las inyecciones de renta.

Pasando ahora a comentar la tabla 9, en la que descomponemos el efecto difusión (es decir, se realiza el análisis por columnas). En primer lugar tenemos el Efecto neto directo, donde destacan de nuevo las ramas del sector energético español a excepción de las ramas extractivas (3 y 4), y todas las ramas del sector secundario incluyendo Construcción (21), y con la única excepción de la rama de Vehículos (17). En este caso hablamos de ramas con mayor capacidad de expansión de renta por inyecciones directas.



Tabla 9

Descomposición del Efecto difusión (BL_i) en Efectos netos totales, propios, abiertos y circulares; y porcentajes

Cuentas	Efecto propio (N1)	Efecto abierto (N2)	Efecto circular (N3)	Efecto total	% N1	% N2	% N3
1. Agricultura y Ganadería	0,6959	0,7661	3,2571	4,7191	14,75	16,23	69,02
2. Pesca	0,6048	0,5725	2,4337	3,6109	16,75	15,85	67,40
3. Carbón	0,4329	0,3756	1,5967	2,4052	18,00	15,62	66,39
4. Petróleo y Gas Natural	0,0130	0,0080	0,0342	0,0553	23,59	14,55	61,86
5. Resto extractivas no energéticas	0,6911	0,4028	1,7124	2,8063	24,63	14,35	61,02
6. Refino de petróleo	0,8582	0,1813	0,7709	1,8104	47,40	10,02	42,58
7. Energía eléctrica	1,0633	0,6962	2,9599	4,7194	22,53	14,75	62,72
8. Gas, vapor de agua y agua caliente	0,7767	0,2816	1,1973	2,2557	34,43	12,49	53,08
9. Agua	0,9553	0,6549	2,7844	4,3946	21,74	14,90	63,36
10. Alimentación	1,3521	0,6497	2,7619	4,7637	28,38	13,64	57,98
11. Textil y piel	0,9670	0,4659	1,9808	3,4137	28,33	13,65	58,02
12. Elaborados de Madera	1,0446	0,4957	2,1075	3,6478	28,64	13,59	57,77
13. Químicas	0,8140	0,3534	1,5023	2,6697	30,49	13,24	56,27
14. Minería y siderurgia	1,0516	0,6176	2,6257	4,2949	24,48	14,38	61,14

20. Como aclaramos en la tabla las medias están calculadas sobre el total de cuentas endógenas, es por ello que los efectos netos abiertos y circulares adquieren una mayor importancia dado que es en las tres cuentas correspondientes a Trabajo, Capital y Consumo donde lógicamente estos dos efectos alcanzan sus valores más altos.



Tabla 9 (continuación)

Descomposición del Efecto difusión (BL_i) en Efectos netos totales, propios, abiertos y circulares; y porcentajes

Cuentas	Efecto propio (N1)	Efecto abierto (N2)	Efecto circular (N3)	Efecto total	% N1	% N2	% N3
15. Elaborados metálicos	0,9143	0,4428	1,8826	3,2398	28,22	13,67	58,11
16. Maquinaria	1,0487	0,5457	2,3200	3,9143	26,79	13,94	59,27
17. Vehículos	0,6340	0,3110	1,3221	2,2671	27,96	13,72	58,32
18. Materiales de construcción	0,9435	0,2995	1,2731	2,5161	37,50	11,90	50,60
19. Transporte	0,8447	0,3826	1,6264	2,8537	29,60	13,41	56,99
20. Otras manufacturas	1,0525	0,5378	2,2865	3,8768	27,15	13,87	58,98
21. Construcción	1,2631	0,7048	2,9962	4,9641	25,45	14,20	60,36
22. Comercio de vehículos y carburantes	1,0045	0,6830	2,9037	4,5913	21,88	14,88	63,24
23. Comercio	0,6815	0,8075	3,4330	4,9219	13,85	16,41	69,75
24. Transporte y Comunicaciones	0,8824	0,6798	2,8902	4,4523	19,82	15,27	64,91
25. Otros servicios	0,6345	0,6867	2,9194	4,2405	14,96	16,19	68,84
26. Servicios destinados a la venta	0,5118	0,8258	3,5108	4,8484	10,56	17,03	72,41
27. Servicios no destinados a la venta	0,4292	0,7331	3,1169	4,2792	10,03	17,13	72,84
Media simple*	0,7388	0,5737	2,2971	3,5584	20,76	16,12	64,55

* La media simple está calculada sobre las treinta cuentas endógenas.

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

En segundo lugar, tenemos el Efecto neto indirecto, donde observamos un comportamiento diferente en relación con los resultados obtenidos en la tabla 8. En este caso, hay que destacar la rama de Agricultura y ganadería (1), todas las ramas del sector servicios, Construcción (21), y dentro del sector secundario las ramas de Energía Eléctrica (7), Agua (9) y Alimentación (10), en orden de importancia. Estos son sectores con mayor capacidad para expandir incrementos de renta procedentes de otras cuentas.

En cuanto a la tercera columna, tenemos el Efecto inducido. Aquí destacan todas las ramas del sector servicios, sobre todo el alto porcentaje correspondiente a la rama de Servicios destinados a la venta (26). Además de estos sectores, hay que destacar las ramas de Agricultura y ganadería (1), Energía eléctrica (7), Alimentación (10) y Agua (9). Estamos, en este caso, destacando cuentas que tienen una mayor capacidad para expandir incrementos de renta procedentes del flujo circular de la renta.

Igual que en la tabla 8, en esta segunda tabla podemos hablar, en términos generales, de un mayor peso de los efectos circulares, siendo en este caso, la única excepción la rama de Refino de petróleo (6). Le sigue en importancia el efecto neto directo, donde ambos efectos tienen un comportamiento más diferenciado en términos de qué sectores destacan por encima de la media. En cuanto al efecto indirecto, el menor en importancia en tér-

minos agregados, observamos como alcanza sus valores máximos para los multiplicadores sectoriales de la rama de Servicios no destinados a la venta.

A modo de conclusión, podemos decir que son las ramas de servicios de mercado las que presentan mayores multiplicadores para todos los efectos, tanto en la descomposición del Efecto absorción como difusión, siendo especialmente relevantes los valores obtenidos para el tercero de los efectos netos, lo que viene a confirmar a estas ramas como claves para la economía española al tratarse de las ramas que mayor capacidad tienen, tanto para absorber como para expandir los incrementos de renta procedentes del flujo circular de la renta.

4. EL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL

La energía constituye un elemento clave del desarrollo económico, tanto por su importancia como sector, como por su carácter estratégico. Por otra parte, es un bien imprescindible para el desarrollo de la vida de las personas, directamente relacionado con el bienestar de los ciudadanos. Sin embargo, el uso de energía es también el principal responsable de las emisiones contaminantes a la atmósfera, cuestión ésta de gran relevancia teniendo en cuenta que, uno de los retos a los que se enfrenta actualmente la Unión Europea, es luchar contra el cambio climático.

Tal y como señala el Informe Stern²¹, controlar el volumen de emisiones contaminantes es, probablemente, el reto más importante que tiene que afrontar la humanidad en las próximas décadas para evitar graves e irreversibles daños, tanto de carácter económico como humano y ambiental, en la segunda mitad del siglo XXI.

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 más efectivas, ya que en 2006 las emisiones totales en nuestro país superaron a las de 1990 en un 48%²², triplicando el objetivo marcado para España.

En este sentido, parece claro que 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.

En los siguientes gráficos podemos ver las demandas de consumos intermedios y finales de las ramas energéticas, así como el valor de la producción interior en porcentajes sobre el total de la economía.

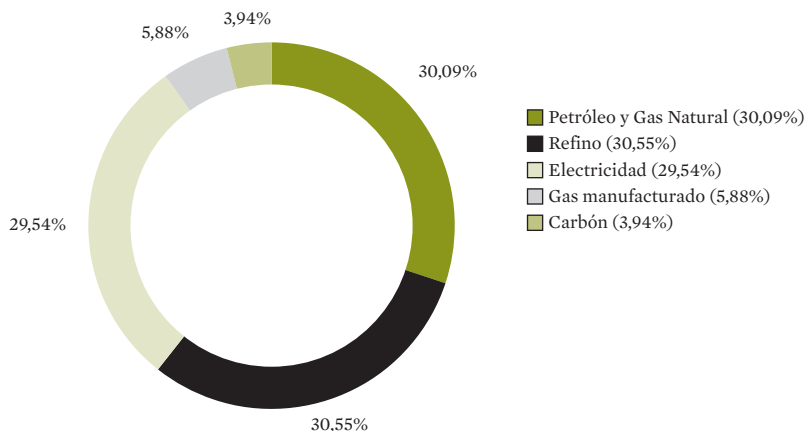
21. Stern (2006).

22. Nieto y Santamarta (2007).



Gráfico 3

Consumos intermedios sectoriales por tipo de bien energético

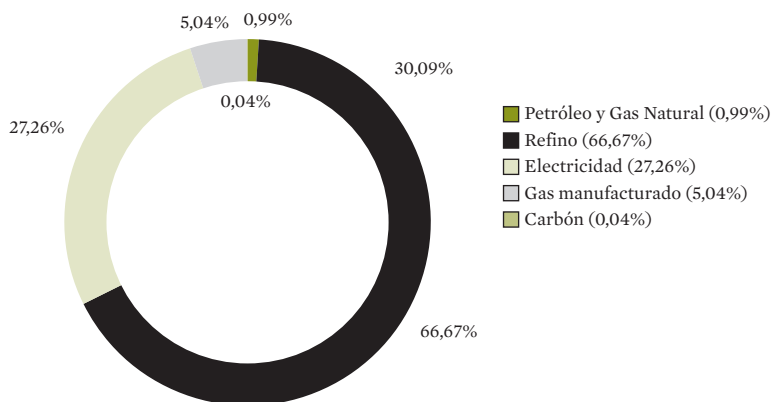


Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00



Gráfico 4

Demanda Final por tipo de bien energético



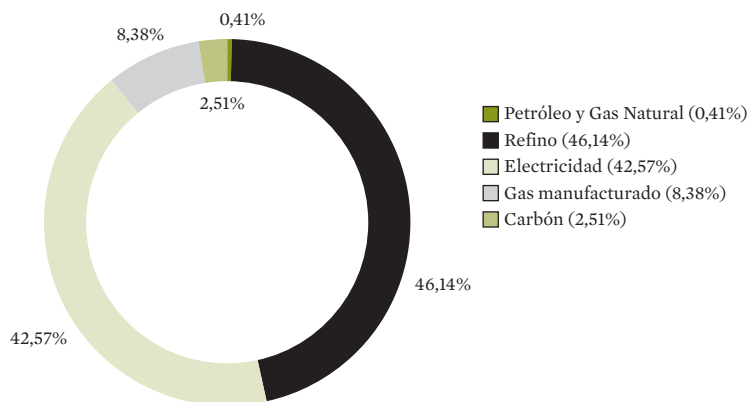
Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

Como podemos observar, en los tres gráficos destaca la producción interior de Refino (6) y Electricidad (7), así como los elevados consumos intermedios del Petróleo (4) y el Refino (6). El alto valor que presenta la demanda final de refino viene explicado por el Transporte privado por carretera (19), que el MIOESPOO imputa al cruce de las cuentas de Refino (6) y Consumo privado (30).



Gráfico 5

Producción doméstica por bien energético



Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

En términos de autoabastecimiento, son las ramas de Gas manufacturado (8) y Electricidad (6) las que presentan mayores grados, aunque, en términos generales, la economía española presenta un bajo grado de autoabastecimiento, determinado, principalmente, por la ausencia de producción nacional de Petróleo y Gas natural (4), pudiendo hablar, solamente en este último caso, del crecimiento de la producción nacional de GNL²³.

En cuanto al uso de energía final en España (tabla 10), vemos como los datos son algo distintos, con un mayor peso de los productos petrolíferos, que incluyen refino, seguido de electricidad, y donde vemos un porcentaje creciente de uso de energías renovables que comienzan a superar en porcentaje al carbón.



Tabla 10

Usos de energía final en España

	ktep.	Estructura porcentual
Carbón	2.546	2,8
Productos petrolíferos	55.587	61,6
Gas	12.319	13,6
Electricidad	16.308	18,1
Renovable	3.545	3,9
TOTAL	90.305	100,0

Metodología: AIE

Fuente: DGPEM (Dirección General de Política Energética y Minas), 2008

23. Gas natural licuado.

En cuanto a las intensidades energéticas, presentamos en la tabla 11 la evolución de las mismas desde 1980, y donde podemos observar un creciente peso de las energías menos contaminantes, así como una reducción de la intensidad de los bienes energéticos que mayores emisiones generan al ser utilizados, siendo el carbón un buen ejemplo de esto, como analizaremos con más detalles en capítulos posteriores.



Tabla 11

*Intensidades energéticas como porcentaje del PIB.
(En miles de millones de pesetas constantes de 1995)*

	1980	1995	2000
PIB	50.619	72.842	87.581
Carbón/PIB	0.07	0.05	0.03
Productos Petrolíferos/PIB	0.75	0.61	0.63
Gas/PIB	0.02	0.07	0.14
Electricidad/PIB	0.15	0.16	0.19
Energía Final/PIB	0.99	0.9	0.99

Metodología: AIE.

No incluye energías renovables.

PIB en miles de millones de pesetas constantes de 1995.

Fuente: DGPEM (Dirección General de Política Energética y Minas), 2008

Capítulo III

ANÁLISIS DE INTENSIDADES ENERGÉTICAS
Y EMISIONES DE CO₂ A PARTIR
DE LA MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL
DE ESPAÑA PARA EL AÑO 2000



El objetivo de este capítulo es profundizar en el análisis tanto de las necesidades energéticas, como de las emisiones de CO₂ que provoca el uso de bienes energéticos, en la economía española. La metodología utilizada para estimar las intensidades energéticas de las actividades productivas (como una medida de las necesidades energéticas asociadas a la producción de una unidad de cada bien de la economía) es el análisis de multiplicadores a partir de Matrices de Contabilidad Social. A partir de la SAMESPOO y un vector²⁴ de emisiones por unidad energética consumida, presentamos una metodología que nos permite estimar las emisiones de CO₂ de las actividades productivas y del consumo final en España, y que nos proporciona una herramienta de simulación de diferentes escenarios, a partir de los que podemos valorar los efectos que un incremento en alguno de los componentes de la demanda final, o una mejora en la eficiencia energética, podría tener en términos de emisiones. Es por ello, que este tipo de modelos resulta de gran utilidad y sus resultados, además de que pueden contribuir a orientar futuras políticas aplicables, amplían la información disponible al proporcionar vías indirectas para superar la escasez de datos con la que nos enfrentamos.

1. INTENSIDADES ENERGÉTICAS DE LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

Comenzamos recordando el Modelo SAM desarrollado en el capítulo anterior,

$$Y_i = \sum_{j=1}^n \frac{Y_{ij}}{Y_j} \cdot Y_j = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot Y_j + \sum_{j=m+1}^{m+k} a_{ij} \cdot Y_j \quad n = m + k. \quad (20)$$

Los índices m y k representan la división de las cuentas de la SAM entre endógenas (explicadas) y exógenas (explicativas), lo que divide la matriz A $n \times n$ en 4 submatrices: A_{mm} , A_{mk} , A_{km} , y A_{kk} . Y_m e Y_k , que denotan la renta total de las cuentas endógenas y exógenas, por lo que se puede despejar Y_m y obtener,

$$Y_m = A_{mm} \cdot Y_m + A_{mk} \cdot Y_k \quad (21)$$

y de ahí, siguiendo el mismo procedimiento que seguimos con la ecuación de Leontief, obtener la matriz de multiplicadores extendidos a partir de $Y_m = (I - A_{mm})^{-1} Z$, siendo Z el vector de las columnas exógenas ($A_{mk} \cdot Y_k$), y $M_{mm} = (I - A_{mm})^{-1}$ la matriz de los multiplicadores extendidos de la SAM.

El modelo SAM permite computar ambas intensidades energéticas²⁵, directas e indirectas, a través del uso de las matrices de multiplicadores simples y extendidos, como requerimientos totales de inputs por unidad de cada bien sectorial de la economía.

Entendemos, por tanto, por intensidad energética las necesidades de energía, directas e indirectas, que requiere producir una unidad neta de demanda final de cada bien, es decir, la intensidad energética mide los requerimientos de energía totales netos (directos

24. Manresa y Sancho (2004).

25. Manresa y Sancho (2004).

e indirectos) para cada bien, y se corresponden con los multiplicadores de la matriz M (Modelo Leontief) en el caso de los multiplicadores simples, y con los de M_{mm} en el caso de los multiplicadores extendidos.

Para obtener una medida más amplia de estas intensidades energéticas se utiliza el modelo SAM en distintos niveles de endogenización, tal y como desarrollamos a continuación.

Aplicación y resultados

En las tablas 12 a 14 se presentan los multiplicadores²⁶ simples y extendidos para los 27 sectores productivos, de los cuales los sectores energéticos son cinco: Carbón, Petróleo y Gas Natural, Refino de Petróleo, Electricidad, y Gas y Vapor de agua.

Los resultados están presentados en seis columnas para las tres tablas; las cinco primeras muestran los multiplicadores simples de cada rama energética para cada nivel de endogenización, que se corresponden con el modelo de Leontief en la tabla 12 y con el Modelo SAM en las tablas 13 y 14. A continuación, se añade una columna, denominada Efecto Compuesto, para los tres niveles de endogenización (Efectos Compuestos 1, 2 y 3). Esta figura se define como una medida agregada de intensidad energética asociada a la producción de una unidad del bien, resultando cada Efecto Compuesto de la suma de los multiplicadores de todas las ramas energéticas²⁷, siendo las unidades de este agregado, en este caso, monetarias²⁸. Los coeficientes de cada una de las filas de las tablas muestran la intensidad energética para cada uno de los 27 sectores productivos de los 5 bienes energéticos, en orden de intensidad decreciente del Efecto Compuesto.

La SAM está expresada en unidades monetarias (Euros). La identificación habitual de unidades físicas ficticias con unidades equivalentes a una unidad monetaria permite usar los datos disponibles, sin conocer las unidades físicas actuales en cada sector. Por ejemplo, si observamos en la primera columna de la tabla 12, un incremento de una unidad neta en la producción de la fila correspondiente a Transporte y Comunicaciones (24) requiere, directa e indirectamente, de 0,0024 unidades físicas (o euros, en este caso hablaríamos de 0,24 céntimos de euro) de extractivas energéticas, 0,0667 unidades de Refino, etc., requiriendo conjuntamente 0,1309 unidades monetarias.

En cuanto a la interpretación de las columnas, por ejemplo, en la cuenta Refino de petróleo (6), se aprecia que el incremento de una unidad neta de Transporte y Comunicaciones (19) requiere de 0,0667 unidades de refino, y que una unidad de refino requiere, a su vez, de 0,1042

²⁶. Las columnas de estas tablas se corresponden con filas de la SAM, que se trasponen aquí para una mejor presentación de los resultados.

²⁷. Hay cierta polémica en relación a la posibilidad de sumar estos multiplicadores ya que se argumenta que es posible que se esté duplicando contenido energético al tratar indistintamente energía primaria como el carbón y secundaria como la electricidad. En este trabajo suponemos que no es así, y seguimos la metodología de Manresa y Sancho (2004), ya que en el análisis sector a sector no se produce tal duplicidad.

²⁸. Igualmente podríamos sumar unidades físicas homogeneizándolas, por ejemplo, a TPE (Toneladas de Petróleo Equivalente).

unidades de refino adicionales. El total de cada columna mide la sensibilidad de los sectores energéticos al incremento en una unidad de la demanda fila de todos los sectores.

Como se observa en la tabla 12, son tres de los cinco sectores energéticos los que ocupan las primeras posiciones, manteniéndose, en estos lugares, en todos los niveles de endogenización, como vemos en las tablas 13 y 14. El hecho de que estos sectores energéticos se encuentren en el primer lugar muestra la importante interdependencia que existe entre ellos. Por otro lado, señalar que el sector Agua (9) se encuentra en todos los niveles de endogenización en las posiciones de cabeza, esto es debido a que la depuración y distribución de agua tiene unas altas necesidades energéticas.

También hay que señalar el hecho de que el sector de Petróleo y gas Natural (4) se encuentra en la última posición en todas las tablas, lo que seguramente es debido a la escasa importancia actual de este sector en España, al no existir producción interior de Petróleo y gas natural (4).



Tabla 12

Multiplicadores energéticos simples de España, año 2000

Sectores	Carbón	Petróleo y Gas Natural	Refino de petróleo	Electricidad	Gas, agua caliente y vapor de agua	Efecto compuesto 1
Gas	0,0004	0,6875	0,0065	0,0047	0,0006	0,6997
Refino	0,0023	0,5292	0,1042	0,0172	0,0021	0,6549
Energía eléctrica	0,1061	0,0944	0,1325	0,2090	0,0453	0,5873
Industria química	0,0022	0,0450	0,0814	0,0175	0,0083	0,1544
Materiales de construcción	0,0045	0,0301	0,0337	0,0443	0,0204	0,1331
Transporte y comunicaciones	0,0024	0,0337	0,0667	0,0256	0,0023	0,1309
Extractivas no energéticas	0,0054	0,0268	0,0496	0,0441	0,0044	0,1302
Carbón	0,0046	0,0178	0,0330	0,0498	0,0029	0,1081
Agua	0,0030	0,0213	0,0391	0,0312	0,0038	0,0984
Minería y siderurgia	0,0104	0,0180	0,0247	0,0318	0,0091	0,0940
Elaborados de madera	0,0031	0,0168	0,0200	0,0342	0,0105	0,0846
Pesca	0,0010	0,0240	0,0444	0,0093	0,0040	0,0827
Elaborados metálicos	0,0051	0,0134	0,0185	0,0309	0,0066	0,0745
Otras manufacturas	0,0029	0,0127	0,0185	0,0271	0,0055	0,0667
Comercio de vehículos y carburantes	0,0028	0,0096	0,0158	0,0275	0,0030	0,0587
Alimentación, bebidas y tabaco	0,0020	0,0122	0,0191	0,0209	0,0045	0,0587
Construcción	0,0021	0,0123	0,0185	0,0186	0,0050	0,0565
Agricultura, ganadería y silvicultura	0,0014	0,0126	0,0239	0,0144	0,0017	0,0541
Resto comercio	0,0019	0,0103	0,0160	0,0203	0,0038	0,0522
Textil y piel	0,0016	0,0106	0,0136	0,0173	0,0059	0,0490



Tabla 12 (continuación)

Multiplicadores energéticos simples de España, año 2000

Sectores	Carbón	Petróleo y Gas Natural	Refino de petróleo	Electricidad	Gas, agua caliente y vapor de agua	Efecto compuesto 1
Servicios no destinados a la venta	0,0019	0,0087	0,0134	0,0192	0,0033	0,0465
Elementos de transporte	0,0019	0,0080	0,0126	0,0150	0,0028	0,0403
Vehículos	0,0022	0,0065	0,0091	0,0165	0,0031	0,0373
Maquinaria	0,0020	0,0059	0,0088	0,0145	0,0025	0,0337
Otros servicios	0,0013	0,0060	0,0098	0,0137	0,0019	0,0328
Servicios destinados a la venta	0,0011	0,0058	0,0094	0,0114	0,0018	0,0295
Petróleo y gas natural	0,0001	0,0010	0,0008	0,0006	0,0003	0,0028

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

En relación con el Efecto Compuesto 1, en los que la matriz M está compuesta por los 27 sectores productivos (27×27), los sectores que tienen una mayor intensidad energética, además de los ya mencionados, son aquellos en cuya actividad hay un mayor uso de equipos mecánicos, como Transporte y Comunicaciones (19)²⁹. Sin embargo, observamos como la producción de maquinaria y vehículos se encuentra entre los sectores que menos requerimientos energéticos tienen en relación con su producción.

En el efecto compuesto 2 se añaden como cuentas endógenas en el modelo: Trabajo, Capital y Consumo privado (en este caso la matriz M es de orden 30×30). Podemos observar en la tabla 13 cómo las primeras posiciones no varían al introducir las nuevas cuentas como endógenas en el modelo.

Sin embargo, sí que hay variaciones en otras cuentas, por ejemplo, bajan los sectores como Químicas (13) y Minería y Siderurgia (14), y suben la Agricultura y Ganadería (1) y algunas actividades de servicios, como el Comercio (23), y especialmente el Comercio de carburantes (22), pudiendo interpretarse como que, al aumentar el nivel de endogenización, se manifiestan relaciones no directas entre actividades que pueden ser de gran importancia.

Por último en el Efecto Compuesto 3³⁰ añadimos otro componente de la demanda final, la Inversión, como sector endógeno (aquí la matriz M es de orden 31×31). Los resultados

29. Hay que aclarar que en esta cuenta no se incluye el transporte de uso privado, ya que está imputado en el MIOESPO0 a la fila de Refino de Petróleo (6) y a la columna de Consumo privado (30).

30. Aquí se añade como sector endógeno sólo la inversión, y no el sector público ni el sector exterior. Esto es debido a que consideramos que ambos sectores son determinados fuera del sistema, además de que el sector público es de difícil interpretación económica como sector productivo dadas sus características, y a que cuando hacemos endógeno el sector exterior se obtienen unos multiplicadores negativos que distorsionarían la comparativa de los tres efectos, posiblemente derivado de la dependencia del exterior que tiene el sector energético para la economía española.

obtenidos son los esperados, ya que, al aumentar el número de sectores endógenos, aumentan los multiplicadores, pues se incorporan nuevas relaciones al modelo (este hecho, aunque esperable, es un resultado cuantitativo de interés, como veremos al analizar la tabla 15).



Tabla 13

Multiplicadores contables de España, año 2000 (Nivel 2)

Sectores	Carbón	Petróleo y Gas Natural	Refino de petróleo	Electricidad	Gas, agua caliente y vapor de agua	Efecto compuesto 2
Gas	0,0013	0,6937	0,0169	0,0140	0,0024	0,7283
Refino	0,0028	0,5332	0,1109	0,0232	0,0032	0,6733
Energía eléctrica	0,1083	0,1098	0,1581	0,2320	0,0499	0,6581
Transporte y comunicaciones	0,0046	0,0488	0,0917	0,0482	0,0067	0,2000
Materiales de construcción	0,0064	0,0438	0,0564	0,0648	0,0244	0,1959
Industria química	0,0033	0,0528	0,0944	0,0292	0,0106	0,1904
Extractivas no energéticas	0,0066	0,0357	0,0644	0,0575	0,0070	0,1712
Agua	0,0051	0,0358	0,0632	0,0530	0,0081	0,1650
Carbon	0,0058	0,0261	0,0469	0,0623	0,0053	0,1463
Pesca	0,0028	0,0366	0,0655	0,0283	0,0077	0,1409
Minería y siderurgia	0,0118	0,0278	0,0410	0,0465	0,0119	0,1390
Elaborados de madera	0,0047	0,0278	0,0383	0,0506	0,0137	0,1351
Resto comercio	0,0044	0,0281	0,0457	0,0470	0,0090	0,1343
Agricultura, ganadería y silvicultura	0,0038	0,0296	0,0521	0,0398	0,0067	0,1320
Elaborados metálicos	0,0068	0,0255	0,0386	0,0490	0,0102	0,1300
Comercio de vehículos y carburantes	0,0049	0,0247	0,0409	0,0501	0,0075	0,1282
Construcción	0,0043	0,0279	0,0444	0,0420	0,0096	0,1281
Alimentación, bebidas y tabaco	0,0040	0,0266	0,0430	0,0425	0,0087	0,1247
Otras manufacturas	0,0046	0,0246	0,0383	0,0449	0,0090	0,1214
Servicios no destinados a la venta	0,0042	0,0249	0,0404	0,0435	0,0081	0,1211
Servicios destinados a la venta	0,0037	0,0240	0,0398	0,0387	0,0072	0,1134
Otros servicios	0,0035	0,0212	0,0350	0,0365	0,0064	0,1026
Textil y piel	0,0031	0,0209	0,0308	0,0327	0,0089	0,0964
Elementos de transporte	0,0031	0,0164	0,0267	0,0277	0,0053	0,0792
Vehículos	0,0032	0,0131	0,0201	0,0265	0,0050	0,0678
Maquinaria	0,0030	0,0128	0,0203	0,0248	0,0045	0,0653
Petróleo y gas natural	0,0001	0,0012	0,0011	0,0009	0,0003	0,0036

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00



Tabla 14

Multiplicadores energéticos contables de España, año 2000 (Nivel 3)

Sectores	Carbón	Petróleo y Gas Natural	Refino de petróleo	Electricidad	Gas, agua caliente y vapor de agua	Efecto compuesto 3
Gas	0,0020	0,6984	0,0242	0,0211	0,0037	0,7494
Energía eléctrica	0,1101	0,1212	0,1762	0,2495	0,0532	0,7101
Refino	0,0033	0,5362	0,1156	0,0278	0,0041	0,6869
Transporte y comunicaciones	0,0063	0,0599	0,1094	0,0652	0,0100	0,2508
Materiales de construcción	0,0080	0,0539	0,0725	0,0803	0,0274	0,2421
Industria química	0,0042	0,0586	0,1036	0,0381	0,0123	0,2168
Agua	0,0068	0,0465	0,0801	0,0693	0,0112	0,2140
Extractivas no energéticas	0,0077	0,0423	0,0749	0,0675	0,0089	0,2013
Resto comercio	0,0065	0,0414	0,0666	0,0672	0,0129	0,1947
Agricultura, ganadería y silvicultura	0,0058	0,0421	0,0720	0,0590	0,0104	0,1893
Pesca	0,0043	0,0460	0,0804	0,0426	0,0105	0,1837
Construcción	0,0061	0,0394	0,0627	0,0596	0,0130	0,1808
Comercio de vehículos y carburantes	0,0067	0,0359	0,0586	0,0672	0,0107	0,1792
Servicios no destinados a la venta	0,0062	0,0369	0,0594	0,0618	0,0116	0,1759
Servicios destinados a la venta	0,0058	0,0376	0,0612	0,0594	0,0112	0,1752
Carbón	0,0068	0,0322	0,0566	0,0717	0,0071	0,1744
Alimentación, bebidas y tabaco	0,0057	0,0372	0,0598	0,0587	0,0118	0,1733
Minería y siderurgia	0,0129	0,0351	0,0525	0,0576	0,0141	0,1721
Elaborados de madera	0,0060	0,0359	0,0511	0,0630	0,0161	0,1721
Elaborados metálicos	0,0082	0,0344	0,0528	0,0626	0,0128	0,1708
Otras manufacturas	0,0060	0,0334	0,0522	0,0584	0,0116	0,1616
Otros servicios	0,0053	0,0325	0,0528	0,0537	0,0096	0,1539
Textil y piel	0,0043	0,0285	0,0429	0,0444	0,0111	0,1312
Elementos de transporte	0,0041	0,0227	0,0366	0,0373	0,0071	0,1078
Vehículos	0,0040	0,0180	0,0279	0,0340	0,0064	0,0902
Maquinaria	0,0038	0,0179	0,0283	0,0326	0,0060	0,0886
Petróleo y gas natural	0,0001	0,0013	0,0014	0,0011	0,0004	0,0042

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

En la columna correspondiente al Efecto Compuesto 3 se aprecia como hay movimientos en las otras cuentas, a pesar de que se mantienen los 3 sectores energéticos como los que mayores intensidades energéticas presentan. El sector Carbón (3) pierde posiciones, sube el sector de Agricultura (1), y Minería y Siderurgia (14) deja de estar entre los primeros sectores.

En la tabla 15, se pueden apreciar los incrementos producidos en los multiplicadores al aumentar las cuentas consideradas endógenas. Al final de cada columna se ha estimado el incremento medio de la economía.

Para cuantificar el incremento de la intensidad energética en cada una de las ramas de la economía, en relación con el incremento medio, se añade una columna que refleja la tasa de variación para cada fila como porcentaje de la variación media. Los sectores están ordenados en orden decreciente de esta tasa de variación.

En esta tabla podemos ver que los incrementos mayores se dan del Efecto Compuesto 1 al 2 (de casi el 60% del total de variación), como era de esperar, destacando el incremento superior a la media de los sectores agrario (1 y 2), Comercio (23), Agua (9) y servicios (26 y 27) ³¹.

Finalmente, queremos subrayar que, entre los diez sectores que tienen un incremento superior a la media (aquellos que aparecen sombreados), se encuentran *todas las ramas del sector servicios*, siendo la rama Servicios destinados a la venta (26) la que mayor incremento experimenta.

Este hecho viene a señalar el interés de estos modelos, que al incluir nuevas relaciones dejan ver relaciones significativas que no aparecen en el modelo de Leontief.



Tabla 15

Variación sectorial de multiplicadores según el nivel de endogenización

	Variación Efecto Compuesto 1 a Efecto Compuesto 2	Variación Efecto Compuesto 2 a Efecto Compuesto 3	% Variación total respecto a la variación media
Servicios destinados a la venta	0,0840	0,0618	57,4
Resto comercio	0,0821	0,0604	54,0
Agricultura, ganadería y silvicultura	0,0779	0,0573	46,1
Servicios no destinados a la venta	0,0746	0,0548	39,8
Construcción	0,0717	0,0527	34,4
Energía eléctrica	0,0708	0,0521	32,7
Otros servicios	0,0698	0,0514	30,9
Comercio de vehículos y carburantes	0,0695	0,0511	30,2
Transporte y comunicaciones	0,0691	0,0508	29,6
Agua	0,0666	0,0490	24,9
Alimentación, bebidas y tabaco	0,0661	0,0486	23,9

³¹. Cabe destacar aquí que los sectores más afectados por el aumento del nivel de endogenización son todos ellos sectores clave de la economía española.



Tabla 15 (continuación)

Variación sectorial de multiplicadores según el nivel de endogenización

	Variación Efecto Compuesto 1 a Efecto Compuesto 2	Variación Efecto Compuesto 2 a Efecto Compuesto 3	% Variación total respecto a la variación media
Materiales de construcción	0,0628	0,0462	17,8
Pesca	0,0582	0,0428	9,1
Elaborados metálicos	0,0555	0,0408	4,0
Otras manufacturas	0,0547	0,0402	2,5
Elaborados de madera	0,0504	0,0371	-5,5
Textil y piel	0,0474	0,0348	-11,2
Minería y siderurgia	0,0450	0,0331	-15,6
Extractivas no energéticas	0,0410	0,0301	-23,2
Elementos de transporte	0,0389	0,0286	-27,1
Carbon	0,0382	0,0281	-28,4
Industria química	0,0359	0,0264	-32,6
Maquinaria	0,0316	0,0233	-40,7
Vehículos	0,0305	0,0224	-42,9
Gas	0,0286	0,0211	-46,3
Refino	0,0184	0,0136	-65,4
Petróleo y gas natural	0,0008	0,0006	-98,5
Variación media	0,0533	0,0392	—
% Variación	57,6	42,4	—

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

El caso del sector servicios viene a reflejar esto, ya que se tiene la percepción de algunas ramas del sector servicios tienen bajas necesidades energéticas (y, por ende, son poco agresivos con el medioambiente), pero si nos fijamos en la tabla 12, vemos que tanto los Servicios destinados a la venta (26) como los Servicios no destinados a la venta (27) ocupan en el primer análisis algunas de las últimas posiciones (26 y 21 respectivamente), mientras que al aumentar el nivel de endogenización (nivel 2) ascienden hasta las posiciones 20 y 19 respectivamente.

2. UNA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

La metodología Input-Output (IO) se ha convertido en un instrumento de gran utilidad en el análisis de la relación entre actividades productivas y emisiones de CO₂. En nuestro país se han desarrollado en los últimos años numerosos estudios³² que utilizan esta meto-

32. Alcántara y Roca (1995), Manresa y sancho (2004), o Sánchez-Chóliz y Duarte (2003), entre otros.

dología aplicada al campo del medioambiente y, específicamente, en la cuantificación de emisiones y en la evaluación del impacto sobre las emisiones de distintos escenarios dada una determinada estructura productiva, tanto a nivel nacional como regional.

En este apartado describimos una metodología que, nos sirve para cuantificar las emisiones de CO₂ de la economía española, a partir de la SAMESPO0. Además, nos sirve como herramienta de simulación de distintos escenarios que permiten evaluar los efectos, que una variación en cualquier componente de la demanda o una mejora en la eficiencia, pueden provocar en las emisiones a la atmósfera.

La importancia de este análisis está en que los resultados obtenidos pueden contribuir a orientar futuras políticas que permitan reducir las emisiones sin perjuicio económico para la sociedad, ya sea por una mejora en la eficiencia del uso de la energía o por sustituir unas por otras, además de incidir en aquellas actividades productivas que más CO₂ generen por unidad monetaria de Valor Añadido producida.

En España, las actividades productivas generan alrededor del 90% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, mientras que el consumo final es responsable del 10%, por tanto es en las actividades productivas donde se deben centrar una parte importante de las actuaciones por parte de las autoridades. Por otra parte, la demanda final interior consume cerca del 14% de los bienes energéticos, lo que nos puede llevar a la conclusión de que el consumo final es más contaminante que las actividades productivas, sin embargo, esto puede venir explicado por prácticas de discriminación de precios, tan habituales en este sector, ya que la energía suele ser más cara para el consumidor final que para las actividades productivas.

Siguiendo a Manresa y Sancho (2004), denotamos como Kp al total de emisiones producidas por las actividades productivas, y Kd como las emisiones totales generadas por la demanda final, tenemos que el total de emisiones a la economía sería $K = Kp + Kd$.

Llamando A^E a la submatriz de la matriz de coeficientes técnicos A , compuesta sólo por las filas de los bienes energéticos (5×27), si multiplicamos esta matriz por el vector C (5×1) de emisiones de CO₂ por unidad de cada bien energético consumida, obtenemos el vector de emisiones unitarias de cada actividad productiva j , es decir, las emisiones generadas por unidad de bien j producido. Aplicando el modelo IO:

$$\bar{K}_p = C_p \cdot A^E \cdot (I - A)^{-1} \cdot D \quad (22)$$

donde, enlazando con el modelo de Leontief, hacemos depender de la Demanda Final a las emisiones generadas por las actividades productivas, transformando la producción de energía en emisiones de CO₂ mediante el vector C . Por lo tanto, las emisiones dependen, por un lado, de la tecnología A , y, por otro, de la Demanda Final.

Por otra parte las emisiones de la demanda final serían:

$$\bar{K}_d = C_d \cdot A^E \cdot (D^E - X^E) \quad (23)$$

siendo D^E la submatriz de la matriz de demanda final, compuesta sólo por las filas de los bienes energéticos (5 x 1) y X^E (5 x 1) las exportaciones de los sectores energéticos, que restamos a la Demanda Final, ya que las emisiones generadas al consumir esos bienes se dan fuera del territorio español. Por lo tanto las emisiones totales asociadas a un vector de demanda final serían:

$$\bar{K} = \bar{K}_p + \bar{K}_d = C \cdot (A^E \cdot (I - A)^{-1} \cdot D + D^E - X^E) \quad (24)$$

Aplicación y resultados

La obtención del vector C^{33} ha sido una de las principales dificultades encontradas en este análisis.



Tabla 16

Vector C de emisiones (Kt CO₂/1.000€)

	Carbón	Petróleo	Refino	Electricidad	Gas
Demanda Intermedia	46,40	0,00	8,08	0,00	7,25
Demanda Final	27,25	0,00	4,53	0,00	3,17

Fuente: *Elaboración propia a partir de Manresa y Sancho (2004) e INE*

Después de realizar diversos cálculos a partir de la información disponible para España, hemos optado por tomar el vector que obtienen Manresa y Sancho (2004), y actualizarlo con índices de precios desagregados para cada tipo de bien energético para las emisiones sectoriales, y con el IPC para las emisiones generadas por la Demanda Final.

El Instituto Nacional de Estadística elabora las cuentas ambientales de la economía española, que nos ha resultado de gran utilidad para contrastar los resultados obtenidos con el modelo que acabamos de presentar. En la tabla 17 podemos ver la información disponible sobre emisiones en España para el año 2000 y los resultados obtenidos en el modelo que aquí presentamos.

33. En este trabajo consideramos que las emisiones por unidad monetaria de bien energético utilizado sólo varían a causa de las variaciones de precios, y que la reducción de emisiones sólo procede de una menor cantidad consumida de bienes energéticos debido a una mayor eficiencia.



Tabla 17

Emisiones de CO₂ en España para el año 2000

	INE (kt CO ₂)	Modelo (kt CO ₂)
Actividades Productivas	248.711	242.845
Demanda Final Interior	55.273	52.881
Emisiones totales	303.984	295.726

Fuente: Ministerio de Medioambiente y elaboración propia

Como podemos observar en los resultados obtenidos en este trabajo, no hay grandes diferencias con los datos que proporciona el inventario de emisiones, obteniendo en la aplicación del modelo que aquí realizamos unas emisiones totales ligeramente inferiores (-2,7%), unas emisiones sectoriales algo inferiores (-2,4%), y una diferencia de emisiones algo más destacables en el consumo doméstico (-4,3%). Por lo tanto, consideramos aceptables los resultados obtenidos y, en adelante, basaremos nuestro análisis en los datos obtenidos en este trabajo.

A partir de aquí, conociendo las emisiones totales de la economía española para el año 2000, provocadas tanto por las actividades productivas como por la demanda final, se pueden realizar distintos análisis utilizando las ecuaciones (22) y (23), como los que presentamos en la tabla 18.

La metodología aplicada en este apartado para realizar las simulaciones utiliza un Modelo SAM, mientras que Manresa y Sancho (2004), o Cardenete, Fuentes y Polo (2008) utilizan un Modelo Input-Output. Por tanto, ampliamos el modelo Input-Output presentado anteriormente a un Modelo SAM, considerando como cuentas endógenas a las 27 ramas productivas, Consumo, Trabajo y Capital. De esta forma, las matrices A y $(I - A)^{-1}$ estarían formadas por 30 cuentas, y el vector de emisiones unitarias de las cuentas endógenas se calcularía a partir del vector de emisiones por unidad energética consumida para las actividades productivas, y el vector de emisiones por unidad energética consumida para la demanda final (tabla 16).

Todo ello proporciona una idea del coste que tiene el crecimiento económico (Escenario 1) en términos de incremento de las emisiones CO₂, y en qué medida la mejora en la eficiencia (Escenario 3) puede contribuir a su reducción, así como comparar las emisiones provocadas por el uso de bienes energéticos por parte de las actividades productivas o por la demanda final, con el efecto que estos sectores tienen en la economía.

En la tabla 18, vemos cómo un incremento de los componentes de la demanda interior de un 5% ³⁴, como ejemplo de crecimiento económico, supondría asumir un coste en términos de aumento de las emisiones totales de un 3,19%, procedente, por un lado, del 3,13% que se incrementan las emisiones de las actividades productivas, y un 3,76% de incre-

34. Hemos seleccionado los mismos porcentajes de los tres escenarios de simulación que utilizan Manresa y Sancho, dado que es arbitrario y nos permite comparar los efectos de ambos análisis.

mento de las emisiones de la demanda final interior (ya que las exportaciones no generan emisiones en el interior). El mayor incremento de emisiones en la demanda final viene explicado porque el incremento de las cuentas exógenas, generadoras de emisiones, (en este caso hablamos sólo de la columna de inversión) es de un lógico 5%, lo que incrementa el porcentaje de cambio de la demanda final, donde también está incluido el consumo privado, que representa cerca del 70% de la demanda final de bienes energéticos, y por el mayor incremento que sufren las emisiones derivadas del consumo privado (3,57%) en relación con las actividades productivas.

En la última columna tenemos la elasticidad, que en el caso del escenario 1 nos dice que por cada punto porcentual que aumenta la demanda interior, las emisiones totales aumentan 0,64 puntos porcentuales, correspondiendo a las actividades productivas una elasticidad de 0,63 y a la demanda final 0,75 puntos porcentuales.

En el escenario 2 podemos ver el efecto de un incremento de las exportaciones, que es menor que el incremento de la demanda interior, ya que las emisiones provocadas por la demanda final se dan fuera de España, por lo que el porcentaje de cambio es cero para las cuentas exógenas y 1,39% para el total de la demanda final, siendo el porcentaje de aumento de emisiones para las actividades productivas de 1,87%.



Tabla 18

Cambios en las Emisiones de CO₂³⁵

	Base	Simulación	Porcentaje de cambio	Elasticidad
Escenario 1: Incremento lineal de un 5% en las cuentas exógenas interiores				
Emisiones de CO ₂ vía producción	242.845	250.440	3,13	0,63
Emisiones de CO ₂ vía demanda final	29.066	30.159	3,76	0,75
Total Emisiones de CO ₂	271.912	280.599	3,19	0,64
Escenario 2: Incremento lineal de un 5% en las Exportaciones				
Emisiones de CO ₂ vía producción	242.845	247.395	1,87	0,37
Emisiones de CO ₂ vía demanda final	29.066	29.472	1,39	0,28
Total Emisiones de CO ₂	271.912	276.867	1,82	0,36
Escenario 3: Mejora de la eficiencia de un 10% en el uso de todos los bienes energéticos por parte de las actividades productivas				
Emisiones de CO ₂ vía producción	242.845	208.233	-14,25	-1,43
Emisiones de CO ₂ vía demanda final	29.066	28.949	-0,40	-0,04
Total Emisiones de CO ₂	271.912	237.182	-12,77	-1,28

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESPOO

35. Valoradas en kt de CO₂.

Finalmente, en el escenario 3, comparamos el efecto conjunto que sobre las emisiones totales tendría una mejora de la eficiencia de un 10% en el uso de todos los bienes energéticos por parte de las actividades productivas, en forma de una reducción de las necesidades energéticas sectoriales. En este caso, observamos cómo el mayor impacto es, como es lógico, para las emisiones generadas por las actividades productivas (-14,25%), frente a un escaso -0,4% derivado, exclusivamente, de la reducción de emisiones por parte del consumo privado, que se ve afectado por el cambio de multiplicadores de la simulación.

En definitiva, observamos el mayor efecto que tiene la demanda interior en la variación de las emisiones totales, así como los efectos indirectos sobre el consumo privado.

Estos resultados los completamos con los de la tabla 19, en donde analizamos el efecto de una mejora del mismo porcentaje en la eficiencia de cada uno de los bienes energéticos por separado, y los comparamos entre sí y con el efecto conjunto.



Tabla 19

Comparación de los cambios en las emisiones de CO₂ por una mejora en un 10% de la eficiencia de cada uno de los bienes energéticos

	Variación en las Emisiones vía producción (%)	Variación en el Total de emisiones (%)
Carbón	-3,92	-3,51
Petróleo ³⁶	-0,01	-0,01
Refino de petróleo	-5,83	-5,21
Producción y distribución de energía eléctrica	-4,01	-3,62
Producción y distribución de gas, vapor de agua y agua caliente	-0,92	-0,83
Efecto conjunto	-14,25	-12,77

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESPOO

Como se puede apreciar en la tabla 19, el sector que mayor impacto tiene sobre la reducción de emisiones, por una mejora en la eficiencia de su uso, sería el Refino de petróleo (6), que supone algo más de un 40% del efecto conjunto, seguido de las ramas de Carbón (3) y Electricidad (7), siendo, en el primer caso, explicado por las altas emisiones que genera cada unidad consumida y, en el segundo, debido a la producción del propio sector más que al uso que de él se hace, ya que el sector eléctrico es el que mayores emisiones genera en su proceso productivo en España, mientras que su uso no genera emisiones.

³⁶. Las mejoras en la eficiencia en el uso de este sector no tienen ningún efecto en las emisiones debido a que las emisiones que genera el petróleo por su uso son cero, y a que al no haber producción interior tampoco se afecta a las emisiones generadas en el proceso productivo de esta rama.

Queremos destacar el bajo impacto que tiene la mejora de la eficiencia en el caso del Gas (8), debido a que es un sector poco contaminante tanto en su proceso productivo como a la hora de ser consumido.

Por lo tanto, observamos cómo la reducción de emisiones por una mejora de la eficiencia se deriva, por un lado, de un menor consumo de bienes energéticos por parte de las actividades productivas que tiene como consecuencia unas menores emisiones en el conjunto de las actividades productivas, y, por otro, de que una menor necesidad de energía provoca una reducción de la producción de estas ramas, que, a su vez, emiten menos emisiones a la atmósfera.

En este sentido, los sectores en los que parecen que deben centrarse las medidas para reducir las emisiones son Refino de petróleo (6), Carbón (3), y Electricidad (7) en orden de importancia en cuanto al impacto de una mejora en la eficiencia del uso de estos bienes energéticos.

La rama de Refino de petróleo (6) por sí sola tiene un impacto del 40% del efecto conjunto, debido tanto a la reducción de emisiones por parte del sector al tener que producir menos, como a la reducción de su uso como input energético por parte del conjunto de las actividades productivas.

En segundo lugar, respecto al Sector Carbón (3), si bien es cierto que tiene un bajo peso en la economía, la reducción del uso de este bien supone una mejora en las emisiones de algo más de un tercio del efecto conjunto, lo que es debido no tanto a la reducción de emisiones por parte del proceso productivo del sector, como por la rebaja en las emisiones que se produce al reducirse su uso por parte de las actividades productivas (especialmente alta en el caso del sector eléctrico), debido a que es el bien energético más contaminante.

En tercera posición se sitúa la rama de Electricidad (7), en la que el impacto es debido, exclusivamente, a la reducción de emisiones en su proceso productivo por una menor producción del propio sector. En este caso, sería interesante diferenciar dentro de este sector el origen de la electricidad según la fuente energética utilizada, ya que es creciente la generación de electricidad a partir de energías renovables poco contaminantes.

Capítulo IV

UNA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA
DE DESCOMPOSICIÓN DE MULTIPLICADORES
A LAS EMISIONES DE CO₂ DEL SISTEMA
ENERGÉTICO ESPAÑOL MEDIANTE
UN MODELO SAM LINEAL



En este capítulo profundizamos en el análisis de las emisiones de CO₂ generadas por el sistema energético español. Para ello, aplicamos una metodología de descomposición aditiva de multiplicadores a la SAMESPOO, que nos permite desagregar el proceso de generación de rentas del sector energético español en diferentes efectos en función del origen de la demanda. Para un mejor conocimiento del diferente comportamiento de las distintas ramas, dividimos a las actividades productivas españolas en dos grupos, a los que denominamos subsistemas (subsistema energético y subsistema complementario), aplicando la metodología de descomposición de multiplicadores a cada uno de ellos separadamente, de forma que podamos identificar la influencia que la demanda final que cada uno de estos grupos tiene en la generación de rentas y en las emisiones del sector energético de la economía española.

1. METODOLOGÍA DE DESCOMPOSICIÓN DE MULTIPLICADORES ADITIVA A PARTIR DEL ANÁLISIS DE SUBSISTEMAS

La metodología de descomposición de multiplicadores contables aditiva³⁷ partiendo de la SAMESPOO, permite desagregar la producción de los subsistemas, en los que dividimos los sectores productivos, en diferentes efectos. Partiendo de una clasificación de las instituciones en n endógenas y m exógenas, la renta de las instituciones endógenas satisface la ecuación,

$$y_n = A_m y_n + A_{nm} y_n + A_{nm} y_m = A_{nn} y_n + d_n \quad (25)$$

donde y_n e y_m denotan el vector de renta de las instituciones endógenas y exógenas, respectivamente; A_{nn} y A_{nm} son dos matrices de orden n y m definidas por los coeficientes de gasto de las instituciones endógenas y exógenas, respectivamente, dirigidos a las instituciones endógenas; y d_n es el vector de renta exógena dirigido a las instituciones endógenas. Como en el modelo de Leontief, la renta de las instituciones endógenas se puede obtener,

$$y_n = (I - A_{nm})^{-1} d_n = M_n y_m \quad (26)$$

donde M_n es la matriz de multiplicadores generalizados. Sustituyendo (26) en (25) se obtiene,

$$y_n = A_{nm} M_n y_m + d_n \quad (27)$$

³⁷. Como vimos en el capítulo II, hay otras vías de descomposición de multiplicadores contables aditiva y multiplicativa (Polo, Roland-Host y Sancho, 1990), que igualmente permiten la desagregación del proceso de generación de rentas en una economía.

Siguiendo a Alcántara y Padilla (2008) ³⁸, si denotamos por s el subsistema de cuentas endógenas que se desea analizar y por r el subconjunto complementario y utilizando la partición de las matrices de gasto y de multiplicadores,

$$A_{nm} = \begin{pmatrix} A_{ss} & A_{sr} \\ A_{rs} & A_{rr} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{ss} & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{sr} \\ A_{rs} & 0 \end{pmatrix} \quad (28a)$$

$$M_n = \begin{pmatrix} M_{ss} & M_{sr} \\ M_{rs} & M_{rr} \end{pmatrix} \quad (28b)$$

La ecuación (27) se puede escribir así,

$$\begin{pmatrix} y_s \\ y_r \end{pmatrix} = \left[\begin{pmatrix} A_{ss} & 0 \\ 0 & A_{rr} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & A_{sr} \\ A_{rs} & 0 \end{pmatrix} \right] \begin{pmatrix} M_{ss} & M_{sr} \\ M_{rs} & M_{rr} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d_s \\ d_r \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_s \\ d_r \end{pmatrix} \quad (29)$$

donde y_s e y_r son los vectores columna de las cuentas incluidas o no, respectivamente, en el subsistema, y d_s y d_r los vectores de renta exógena dirigidos al subsistema s o al complementario, respectivamente. Suponiendo que la renta exógena dirigida al subsistema complementario es nula, $d_r = 0$, se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} y_s &= A_{ss}M_{ss}d_s + A_{sr}M_{rs}d_s + d_s \\ y_r &= A_{rr}M_{rs}d_s + A_{rs}M_{ss}d_s \end{aligned} \quad (30)$$

que proporcionan la renta de las instituciones cuando la demanda dirigida al subsistema complementario es nula.

La renta de las instituciones incluidas en el subsistema s se descompone en tres sumandos:

- $A_{ss}M_{ss}d_s$: representa la renta generada dentro del propio subsistema s cuando recibe una renta exógena d_s . Se denomina efecto propio y se denota por y_s^{EP}
- $A_{sr}M_{rs}d_s$: representa las rentas que se generan en el subsistema s debido al aumento de las rentas generado en el subsistema complementario r para satisfacer la demanda exógena d_s . Se denomina efecto de retroalimentación (feed-back) y se denota por y_s^{EFB}
- d_s : representa las rentas directas del subsistema s cuando la renta exógena es d_s . Se denomina efecto escala (EE) y se denota en lo que sigue por y_s^{EE} .

La segunda ecuación (30) proporciona las rentas generadas en el subsistema complementario r cuando la renta exógena es d_s . El segundo término, $A_{rs}M_{ss}d_s$, representa las rentas inducidas en el subsistema complementario r a través de las rentas genera-

³⁸. Alcántara y Padilla (2008) realizan este análisis para el subsistema servicios, nosotros lo realizamos para el sector energético español.

das en las instituciones s ; y el primero, $A_{rr}M_{rs}d_s$, las rentas inducidas en el subsistema r por la generación de renta en sus propias instituciones, inducida por la renta exógena dirigida a las instituciones s . Se denomina efecto desbordamiento (spillover) y se denota y_r^{ESO} .

2. UNA ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ SECTORIALES

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 el vector emisiones por unidad de cada bien energético empleado³⁹. Multiplicando este vector por la submatriz A_{nn}^E se obtiene un vector de emisiones unitarias para cada institución,

$$c_n = c' A_{nn}^E \quad (31)$$

donde c' es el vector transpuesto. Dividiendo este vector en dos, uno para las instituciones en el subsistema r , c_r , y otro para el subsistema, se puede obtener un desglose de las emisiones totales de CO₂,

$$E^T = c'_s y_s + c'_r y_r \quad (32)$$

originadas para satisfacer el vector de demanda final d_s en los cuatro efectos arriba mencionados:

- Emisiones asociadas con el efecto propio:

$$E^{EP} = c'_s y_s^{EP} = c'_s A_{ss} M_{ss} d_s \quad (33)$$

- Emisiones asociadas con el efecto de retroalimentación:

$$E^{EFB} = c'_s y_s^{EFB} = c'_s A_{ss} M_{rs} d_s \quad (34)$$

- Emisiones asociadas con el efecto escala:

$$y_s^{EE} = c'_s d_s \quad (35)$$

- Emisiones asociadas con el efecto desbordamiento:

$$E_s^{ESO} = c'_r y_r = c'_r (A_{rr} M_{rs} d_s + A_{rs} M_{ss} d_s) \quad (36)$$

39. Tabla 16.

Para obtener las emisiones por ramas hay que diagonalizar el vector $d(\widehat{d})$, con lo que obtenemos para las emisiones del EE el vector em_s^{EE} ($1 \times s$),

$$em_s^{EE} = c_s' \cdot \widehat{d}_s \quad (37)$$

siendo éstas las emisiones generadas por cada rama del subsistema S al producir las unidades destinadas a su Demanda Final.

El ESO en términos de emisiones lo obtenemos calculando el vector em_s^{ESO} ($1 \times R$),

$$em_s^{ESO} = c_r' \cdot (A_{rr} \cdot M_{rs} + A_{rs} \cdot M_{ss}) \cdot \widehat{d}_s \quad (38)$$

Este vector se compone de las emisiones que generan el resto de ramas productivas, al producir lo que cada rama del subsistema S les demanda, para poder satisfacer a su demanda final.

Si queremos obtener las emisiones generadas por la producción del subsistema analizado, destinada a satisfacer las necesidades de inputs propios que tiene cada rama del mismo para satisfacer a su Demanda Final (emisiones debidas al EP), calculamos el vector em_s^{EP} ($1 \times s$):

$$em_s^{EP} = c_s' \cdot A_{ss} \cdot M_{ss} \cdot \widehat{d}_s \quad (39)$$

En este caso, los resultados obtenidos nos pueden indicar el efecto arrastre que tiene la Demanda Final de cada rama del subsistema sobre las emisiones generadas por el mismo.

De la misma forma obtenemos las emisiones debidas al EFB,

$$em_s^{EFB} = c_s' \cdot A_{sr} \cdot M_{rs} \cdot \widehat{d}_s \quad (40)$$

siendo cada elemento de este vector las emisiones generadas por el subsistema en su conjunto, al producir lo que el resto de ramas que pertenecen a r necesitan, para poder producir lo que cada rama del subsistema S les demanda para satisfacer a su demanda final.

Por lo tanto, el Efecto Total (EM_{ET}), en términos de emisiones generadas, directa o indirectamente, para satisfacer a la demanda final del subsistema S, sería:

$$EM_{ET} = EM_{EE} + EM_{EP} + EM_{EFB} + EM_{ESO} \quad (41)$$

Y el Efecto Total, en términos de emisiones debidas a la Demanda Final de cada una de las ramas de S, sería el vector em_s^{ET} ($1 \times s$):

$$em_s^{ET} = em_s^{EE} + em_s^{EP} + em_s^{EFB} + em_s^{ESO} \quad (42)$$

Por otra parte, podemos utilizar de nuevo la ecuación (29) y hacer cero esta vez el vector D_S , para obtener las ventas que hace el subsistema S al resto de sectores para que éstos puedan satisfacer a sus propias demandas finales. Siguiendo el mismo procedimiento que hemos seguido en el apartado anterior, obtendríamos para el resto de ramas ⁴⁰:

$$A_{SS} \cdot M_{sr} \cdot d_r + A_{sr} \cdot M_{rr} \cdot d_r + O = Y^r_S \quad (43)$$

Si multiplicamos esta expresión por el vector de emisiones, tendremos las emisiones generadas por ventas a otros sectores para satisfacer su demanda, y que denotamos con Efecto Ventas (EV):

$$EM_{EV} = c_S' \cdot Y^r_S \quad (44)$$

Y las emisiones para cada rama del subsistema por ventas a otros sectores serían:

$$em_s'^{EV} = c_s' \cdot \widehat{Y}_s^r \quad (45)$$

En un análisis SAM, como el que aquí realizamos, las emisiones debidas al Efecto Ventas incorporan la influencia de las cuentas endogeneizadas, como veremos a continuación, por lo que estas emisiones se aproximan más que en el Modelo Input-output a las emisiones directas, que denominamos EM_{ED} , generadas por cada subsistema productivo, y que calculamos multiplicando las emisiones unitarias generadas por unidad producida de cada subsistema por su producción:

$$EM_{ED} = c_S' \cdot Y_S \quad (46)$$

Aplicación y resultados

Para realizar este análisis separamos las actividades productivas de la economía española en dos grupos, el primero de ellos, al que llamamos subsistema energético, formado por las cinco cuentas energéticas de la SAMESPOO (Carbón (3), Petróleo y Gas Natural (4), Refino de Petróleo (6), Energía eléctrica (7), y Gas manufacturado (8)). El segundo grupo, al que denominamos subsistema complementario, estaría formado por las 22 cuentas restantes correspondientes a las actividades productivas no energéticas.

A continuación, aplicamos la metodología de descomposición de multiplicadores, presentada antes, a la SAMESPOO mediante un Modelo SAM (considerando endógenas las cuentas de Trabajo (29), Capital (30) y Consumo (31)) para el subsistema energético, obteniendo con ello la producción para cada rama destinada a satisfacer la demanda final ⁴¹ del

40. Nótese que esta expresión refleja el ESO para las ramas de r , de la misma forma que en (30) para las ramas de s .

41. Recordamos aquí que en la Demanda Final de este modelo no se incluye el Consumo privado al convertirse en una cuenta endógena.

subsistema energético del mismo, separada en los diferentes efectos que forman el efecto que denominamos total.

Estos resultados los transformamos en emisiones de CO₂ tal y como desarrollamos en el apartado anterior. De esta forma, tal y como podemos ver en la siguiente tabla, obtenemos las emisiones generadas para satisfacer a la Demanda Final del subsistema.

En la tabla 20 se pueden observar los diferentes efectos que componen las EM_{ET} para cada rama y para el subsistema energético. En esta tabla tenemos las emisiones debidas al Efecto Propio (EM_{EP}), es decir, aquellas generadas por el subsistema S (energético), y sus ramas, al producir lo que éste requiere de sí mismo para satisfacer a su Demanda Final.

A continuación, le sigue el Efecto Feed-Back (EM_{EFB}), es decir, aquellas emisiones generadas por las ramas del subsistema energético al producir lo que es necesario vender a otros sectores, para que éstos produzcan lo que el subsistema les demanda para satisfacer a su demanda final. El Efecto Escala (EM_{EE}), que son las emisiones generadas por el subsistema energético y cada una de sus ramas al producir lo que va a vender directamente a su demanda final. Y por último, el Efecto Spillover (EM_{ESO}), es decir, las emisiones generadas por el resto de sectores al producir lo que el subsistema energético requiere de ellos para poder satisfacer a su demanda final.



Tabla 20

*Emisiones Totales y Directas de CO₂ generadas por el sistema energético español (2000) a partir del Modelo SAM**

	Carbón	Petróleo y Gas Natural	Refino	Electricidad	Gas Manufacturado	Total
EM_{EP}	-0,46	0,57	905,11	147,37	-4,64	1.047,95
EM_{EFB}	-0,14	0,31	230,22	17,19	-5,70	241,89
EM_{EE}	-0,29	1,12	4.167,61	633,59	-4,19	4.797,83
EM_{ESO}	-0,23	0,49	403,05	25,63	-8,13	420,81
EM_{ET}	-1,12	2,48	5.705,99	823,78	-22,65	6.508,48
$\%EM_{ET}/EM_{ES}^{**}$	-0,0005%	0,0010%	2,3496%	0,3392%	-0,0093%	2,6801%
EM_{EV}	342,77	85,37	15.644,95	98.888,52	142,66	115.104,27
EM_{ED}	347,41	105,89	20.288,08	100.311,23	139,33	121.191,93
$\%EM_{ED}/EM_{ES}^{**}$	0,14%	0,04%	8,35%	41,31%	0,06%	49,91%

(*) Expresadas en Kilotoneladas (kt) de CO₂.

(**) Emisiones sectoriales de la economía española (EM_{ES}): 242.845.

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

Por otra parte, presentamos las emisiones debidas a ventas que hacen las ramas del subsistema energético al resto de sectores R (EM_{EV}), para satisfacer a las demandas fina-

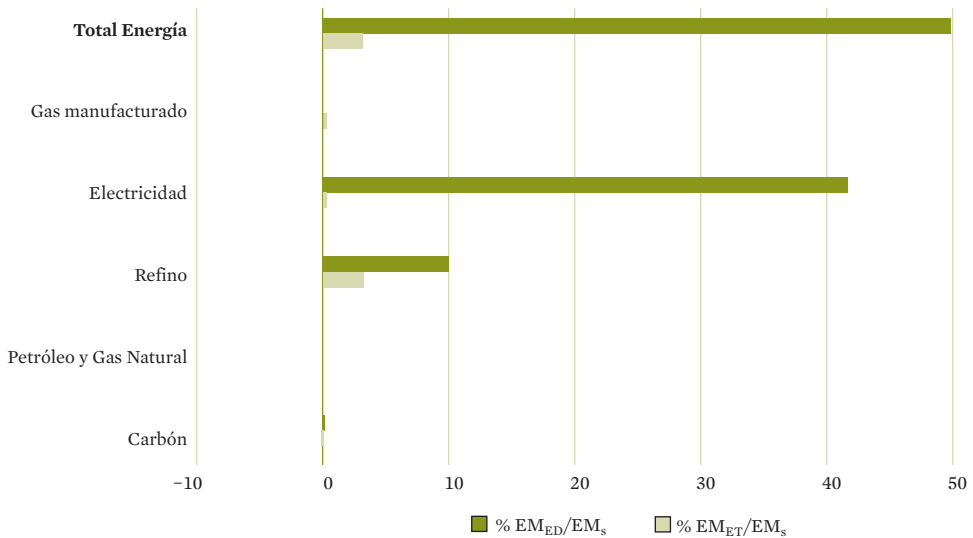
les de R , y, por último, las emisiones generadas directamente por el subsistema energético al producir, que llamamos Efecto Directo (EM_{ED}).

Finalmente, presentamos el peso que tienen para cada rama del subsistema energético, tanto las EM_{ET} como las EM_{ED} , en las emisiones totales sectoriales (que llamamos EM_{ES}) de la economía española, que pueden verse también en porcentajes en el gráfico 6, para tener una visión más clara y completa de los resultados obtenidos, que ayude a la comprensión y seguimiento del análisis más pormenorizado que se realiza a continuación.



Gráfico 6

Emisiones directas y totales de las ramas del subsistema energético de la economía española sobre las emisiones sectoriales (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESP00

Las EM_{ED} son, en general, superiores a las EM_{ET} , como podemos ver, lo que indica que son ramas que absorben emisiones de otros sectores, y están caracterizadas por unas altas emisiones por ventas a otros sectores (EM_{EV}) y unos bajos valores para las emisiones debidas al ESO.

Por otra parte, era de esperar las altas emisiones debidas a los EP, EE y EV, que vienen explicadas por el alto uso de bienes energéticos que hace tanto el sistema productivo como la demanda final.

Como podemos observar en la tabla, las emisiones generadas directamente por el subsistema Energético (2) en su proceso productivo (EM_{ED}) suponen casi el 50% de las emisiones totales de las actividades productivas, destacando este subsistema sobre el resto de la economía de forma notable, y explicado principalmente por las EM_{EV} , cuyo valor en este modelo supone casi un 90% de las emisiones directas de este subsistema, ya que este

sector absorbe todas las emisiones generadas por las necesidades energéticas del resto de ramas de la economía española para satisfacer a sus demandas finales.

Por otra parte, vemos como las emisiones debidas a la demanda final energética (EM_{ET}) son de un 2,68% de las emisiones sectoriales, de las que algo más del 70% corresponden a las EM_{EE} , es decir, a la producción destinada a la demanda final energética.

En relación con las ramas que forman este subsistema, vemos cómo destaca el sector Eléctrico, que presenta unas emisiones directas que suponen algo más del 41% de las emisiones de las actividades productivas, siendo esta rama la que mayores emisiones genera a la atmósfera de toda la economía española ⁴², y explicado por las altas emisiones generadas por ventas a otros sectores (EM_{EV} , que suponen un 40% de las emisiones totales del sistema productivo español).

Sin embargo, las EM_{ET} de esta rama son de un escaso 0,34% de las emisiones sectoriales, lo que viene explicado en parte por el modelo, ya que hemos endogeneizado el consumo privado, por lo que la demanda final (cuentas exógenas) no incluye el consumo, por lo tanto las emisiones debidas al Efecto Escala son menores a las que se obtendrían con un modelo Input-Output, así como las debidas al efecto propio, al ser menor la demanda que tiene que satisfacer. El resto de efectos, especialmente los efectos ESO y EFB, presentan unos valores muy bajos para la rama de electricidad.

Para la rama de Refino (7), que supone unas emisiones directas de un 8,35% de las emisiones sectoriales, sus EM_{ET} ocupan el primer lugar en orden de importancia en términos de emisiones generadas por este subsistema con un 2,35%, lo que nos muestra la importancia que, en términos de emisiones, tiene la demanda final de este sector, seguramente debido a las exportaciones (destinándose a este uso el 35% de la producción del sector), ya que el transporte privado ⁴³ se incluye en las ventas a otros sectores, lo que explica su alto valor, siendo incluso superiores a las emisiones debidas al ET.

Hay que aclarar que la forma en la que se ha definido este modelo, al sacar al Consumo privado de las cuentas exógenas, hace que, en algunos casos la cuenta de Inversión adquiera un mayor protagonismo en el total de las cuentas exógenas, y que al ser esta cuenta en algunos casos negativa ⁴⁴ hace que los resultados obtenidos puedan ser negativos. Es el caso del Carbón (3) y del Gas Manufacturado (8). En el primero de los casos, cuyas emisiones directas suponen un 0,14% de las emisiones sectoriales y sus EM_{ET} ofrecen valores algo inferiores a cero, se podría interpretar como una desinversión en el sector que tendría como consecuencia una ligera reducción de las emisiones. Son de destacar las emisiones generadas por ventas a otros sectores, dado que la mayor parte de su produc-

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

43. El transporte privado se imputa en el marco Input-Output de España para el año 2000, y por lo tanto en la SAMESPO0, a la fila de Refino de Petróleo y a la columna de Consumo privado.

44. Debido a la dirección de la variación de existencias.

ción va destinada como input a las ramas energéticas, en especial al sector eléctrico, mientras que han perdido importancia sus usos finales.

El segundo de estos casos, es el del Gas manufacturado (8), siendo uno de los resultados más destacables del análisis de este subsistema el bajo nivel de emisiones de la rama de Gas (9), con menos de un 0,1% de las emisiones directas sobre las totales sectoriales.

Finalmente, consideramos necesario comentar que las EM_{ESO} suponen, en todos los casos, un porcentaje muy bajo de las emisiones sectoriales, como era de esperar.

Para finalizar este análisis, queremos completar los resultados obtenidos en este ejercicio presentado la tabla 21, en la que aparecen las emisiones debidas tanto al Efecto Total como al Efecto Directo, ponderadas, en el primer caso, con la demanda final de cada rama del subsistema, y, en el segundo, con la producción doméstica de cada rama del subsistema. Con ello, pretendemos matizar los resultados obtenidos, ya que, en algunos casos, son debidos a un mayor peso en la economía, y en otros a importantes diferencias de precios.



Tabla 21

Emisiones Totales y Directas unitarias del subsistema energético español

	Carbón	Petróleo y Gas Natural	Refino	Electricidad	Gas Manufacturado	Total
EM_{ET}/D	0,66	0,02	1,04	6,62	0,20	1,15
EM_{ED}/Y_d^*	0,30	0,56	0,96	5,12	0,04	2,63

* Y_d : Producción doméstica.

Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESPOO

Los valores obtenidos para EM_{ET}/D nos indican las emisiones generadas por el sistema en su conjunto para poder satisfacer una unidad de demanda final del mismo, mientras que en el caso de las EM_{ED}/Y_d , se trata de las emisiones generadas por el subsistema por unidad producida.

Aquí podemos observar como el subsistema Energético destaca ampliamente en las emisiones directas, como era de esperar, y presenta unas bajas emisiones efecto total relativas, lo que implica que la mayor parte de las emisiones generadas por este subsistema vienen derivadas de satisfacer a la demanda final del subsistema complementario. En cuanto a las ramas, destacan las emisiones en ambos ratios para la Energía eléctrica, siendo superiores en el caso del efecto total sobre la demanda doméstica. Le sigue en importancia, aunque a distancia, el Refino de petróleo.

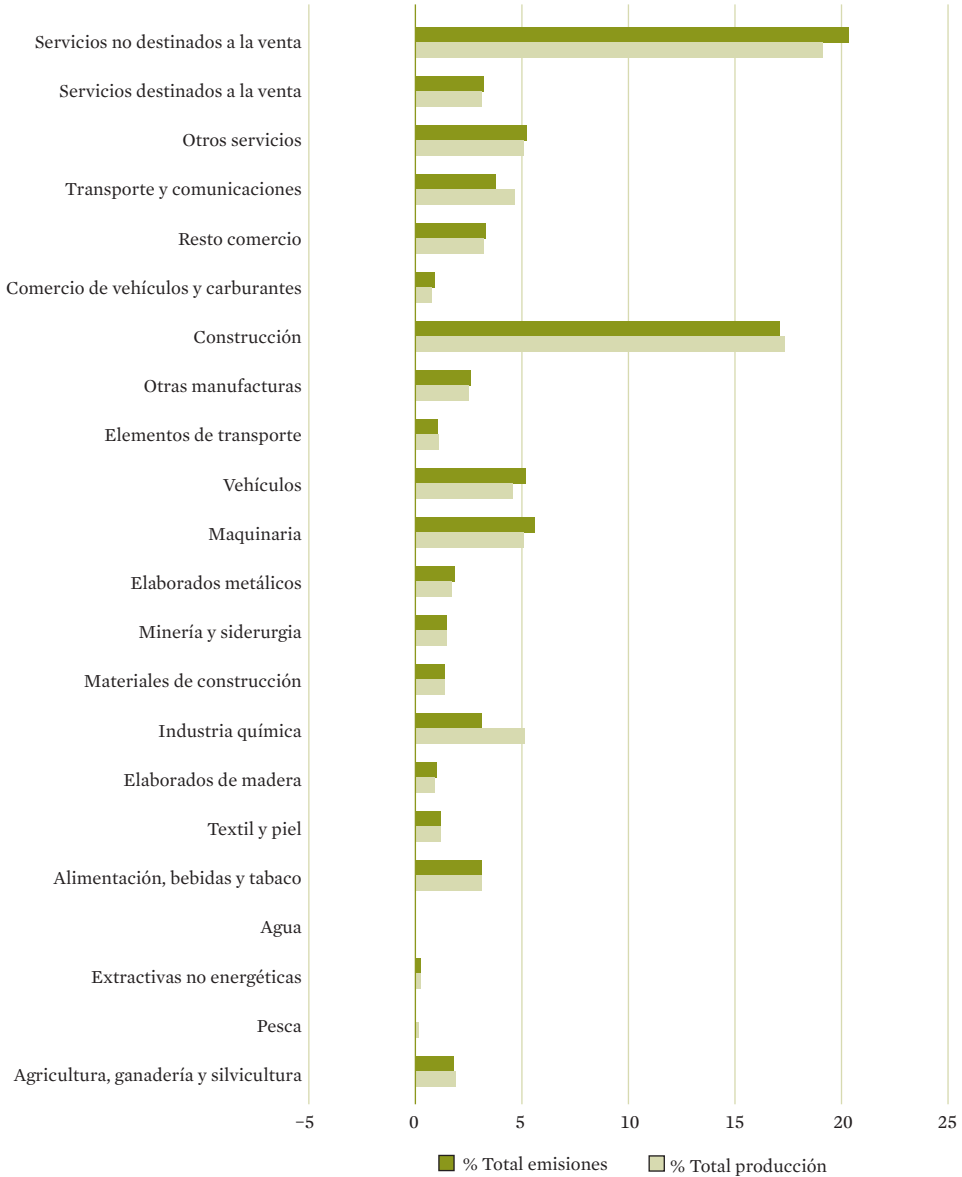
A continuación, desagregamos el efecto ventas a otros sectores para determinar qué demandas son las que generan mayores emisiones en la producción del sector energéti-

co español. En el gráfico 7 presentamos la producción y las emisiones generadas por el sector energético español derivadas de las demandas finales del subsistema complementario a las que están destinadas a satisfacer.



Gráfico 7

Producción y emisiones del sector energético español debidas a la demanda final del resto de sectores



Fuente: Elaboración propia a partir de la SAMESPOO

En primer lugar, destacan dos sectores, tanto en producción como en emisiones. Comenzando con el sector que más emisiones y producción generan en el sector energético, tenemos a los Servicios no destinados a la venta (27), lo que, como ya hemos señalado anteriormente, es un ejemplo más de las altas emisiones indirectas que crea este sector.

Otro sector, que genera unas altas emisiones en el subsistema energético, es el de la Construcción (21), en este caso es ligeramente superior el valor de la producción del subsistema que el de las emisiones, seguramente explicado por el uso de bienes energéticos menos contaminantes que en el caso de los Servicios no destinados a la venta (27).

Por último, llamar la atención sobre algunas ramas, como vehículos, maquinaria, industria química y otras ramas del sector servicios, que destacan ligeramente sobre el resto.

CONCLUSIONES



A lo largo de este trabajo hemos desarrollado diversas metodologías de equilibrio general estático, con el doble objetivo de ampliar la información existente en materia ambiental y evaluar políticas medioambientales para la economía española.

En la actualidad la humanidad se está enfrentando a uno de los mayores retos de su historia, el cambio climático. La creciente concienciación sobre las consecuencias del mismo se ha trasladado a todos los agentes, especialmente desde el Informe Stern (2006), lo que hace, cada vez más, necesario el desarrollo de estudios económicos que incluyan aspectos relacionados con el medioambiente, que puedan proporcionar algunas claves y contribuyan a definir la dirección que deben tomar las diferentes políticas fiscales, medioambientales o económicas si se quieren reducir las emisiones o incrementar los niveles de eficiencia energética. En este sentido, el objetivo de esta investigación ha sido contribuir a la literatura existente en materia de modelos de equilibrio general diseñados para aplicarse al campo del medioambiente.

Dado que este tipo de modelos requieren de una base de datos consistente, ha sido necesario construir la Matriz de Contabilidad Social de la Economía Española para el año 2000, que presentamos en el capítulo I, que, además de su carácter descriptivo, nos ha permitido utilizarla como soporte estadístico para elaborar los modelos que desarrollamos en el resto del trabajo.

En el segundo capítulo analizamos la economía española en su conjunto, mediante el análisis de multiplicadores⁴⁵. Para lo que hemos desarrollado un Modelo SAM, que nos ha permitido analizar los resultados obtenidos y establecer una jerarquía en base al efecto provocado en las cuentas endógenas ante un cambio en las cuentas exógenas, o en alguna de las cuentas endógenas, mediante la construcción de los índices de Rasmussen. Una vez que seleccionamos el modelo SAM como el que mayor riqueza informativa contiene, a partir de estos índices, y tras corregirlos en base al peso que cada una de las cuentas tiene en la demanda final, hemos realizado una clasificación de los sectores productivos con el objetivo de identificar cuáles son los sectores clave de la economía española.

Los resultados obtenidos identifican como sectores clave de la economía española a las ramas de Comercio (23), Servicios destinados a la venta (26), y Otros servicios (25). Además de estas tres ramas, podemos incluir también entre los sectores clave, por encontrarse con altos BLP y rondando la unidad en el FLP, a las ramas de Construcción (21), y algo menos claro a la rama de Alimentación (10). Estos sectores son los que mayor efecto multiplicador tienen en la economía española y muestran el alto grado de terciarización de la misma, destacando la influencia del sector Comercio (23) y Servicios destinados a la venta (26), así como su sensibilidad ante la industria de Alimentación (10) y Construcción (21). Por otra parte, queremos destacar el bajo posicionamiento que las ramas del sector secundario de la economía española tienen en ambos índices, a excepción de la rama de Alimentación (10), lo que muestra la debilidad de este sector productivo, a pesar de los esfuerzos que se realizan por parte de la administración.

45. La Teoría de multiplicadores fue iniciada por Stone (1978) y Pyatt y Round (1979), desarrollándose posteriormente con trabajos como los de Defourne y Thorbecke (1984).

Finalmente, realizamos un análisis estructural⁴⁶ que nos ha permitido presentar el *landscape* (paisaje tridimensional) de la economía española, y donde podemos ver la importancia de los enlaces intersectoriales ya que obtenemos una visión jerarquizada de los sectores clave y sus trayectorias.

Continuamos el análisis de la economía española con el desarrollo de una metodología de descomposición de los efectos difusión y absorción, que nos ha permitido separar en diferentes efectos netos estos *linkages*, en función del origen de la inyección de renta. Los resultados obtenidos en este apartado confirman la importancia que tiene el sector servicios para la economía española, destacando las ramas de servicios de mercado.

Este tipo de análisis pueden contribuir a la toma de decisiones por parte de las autoridades políticas, a la hora de determinar hacia donde deben dirigirse las inversiones, no sólo en relación a qué sectores son los que mayor efecto multiplicador pueden tener sobre el sistema, sino también a qué parte de la actividad deben ir dirigidas, según sea mayor su efecto absorción o difusión.

Para finalizar este capítulo, presentamos una breve visión general del sector energético español, que nos introduce a los capítulos siguientes, donde centramos nuestra atención en las emisiones de CO₂ y en el análisis de políticas medioambientales.

En el capítulo III, comenzamos analizando las necesidades energéticas de la economía española, mediante un Modelo SAM en tres niveles de endogenización, con el que se pretende obtener una medida de eficiencia energética de la economía española.

Las conclusiones obtenidas en el análisis de intensidades las comparamos con las obtenidas por Manresa y Sancho (2004) y Cardenete, Fuentes y Polo (2008), resultando similares, y destacando el incremento de los multiplicadores al aumentar el nivel de endogenización, resaltando la importancia que tienen los flujos entre el Valor Añadido y la Demanda Final, y la importancia de las relaciones intersectoriales entre los propios sectores energéticos que los colocan en las primeras posiciones en cuanto a la magnitud de la intensidad energética, así como el importante incremento de las ramas productivas del sector servicios cuando aumentamos el nivel de endogenización.

A continuación, y partiendo de un modelo SAM y el uso de un vector de emisiones por unidad de gasto, presentamos una metodología que nos ha permitido estimar las emisiones de CO₂ tanto de las actividades productivas, como del consumo final de la economía española. A partir de este modelo, realizamos un ejercicio de simulación que permitirá valorar qué mecanismos o qué políticas pueden ser las más adecuadas para que los agentes económicos adopten tecnologías que ahorren energía, y con ello conseguir tanto un uso más eficiente de los recursos energéticos como un menor nivel de contaminación. La estimación de las emisiones en el año base resulta bastante satisfactoria y las simulaciones realizadas muestran el sustancial impacto que tienen los incrementos de la demanda final interior, y la mejora en la eficiencia energética.

46. Hewings et alia (1997) y Sonis et alia (1997).

En el cuarto capítulo, hemos desarrollado una metodología de descomposición aditiva de multiplicadores, a partir de la SAMESPOO (Alcántara y Padilla, 2008). A partir del Modelo SAM, enlazado con el vector de emisiones por unidad de gasto desarrollado en el capítulo III, esta metodología nos ha permitido ampliar la información sobre emisiones de CO₂, ya que además de obtener las emisiones que cada rama genera en su proceso productivo, nos permite conocer las emisiones indirectas generadas por el sistema energético español para satisfacer a la demanda final de cada rama.

Esta metodología aditiva consiste en separar en distintos efectos las emisiones generadas por el sistema energético español, identificando qué demandas son las que causan esa producción. De esta forma obtenemos un efecto total, que se define como las emisiones directas e indirectas generadas en todo el sistema para satisfacer a la demanda final de cada rama del sistema energético.

Comparando los resultados obtenidos en este efecto total con las emisiones directas para cada una de las ramas del subsistema energético español.

Los subsistemas que presentan mayores niveles de emisiones directas, frente a las debidas al Efecto Total, son el Subsistema Energético (2) responsable de casi la mitad de las emisiones totales sectoriales, destacando la rama de electricidad como la más contaminante del sistema productivo español, y el Subsistema Transporte y Comunicaciones (5) responsable del 13,8% de las emisiones sectoriales. Estos Subsistemas presentan un importante efecto absorción de las emisiones del sistema.

En cuanto a las emisiones directas, es evidente que es el propio subsistema energético el que mayores emisiones genera, como era de esperar, dados los resultados obtenidos en el capítulo III, al ser los propios sectores energéticos los que mayores intensidades energéticas presentan. Lo mismo le sucede a la rama de Químicas, que, sin ser un sector clave de la economía, destaca en las emisiones directas debidas a las altas necesidades energéticas de su proceso productivo.

Los resultados obtenidos con este ejercicio pueden contribuir a ampliar la escasa información con la que, a veces, se cuenta en materia de emisiones, además de a orientar futuras políticas aplicables.

Los modelos que presentamos a lo largo de esta investigación también tienen sus limitaciones, entre las que podemos señalar la escasez de datos o la especificación de los parámetros. Sin embargo, como hemos ido indicando previamente, resultan de gran interés para las autoridades al tratarse de herramientas de simulación de distintos escenarios en los que es posible pulsar el efecto de políticas específicas, ya que permiten obtener información *ex ante* sobre los posibles efectos de una determinada política, y *ex post* para valorar la incidencia de estas medidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- Alcaide, J. "La estructura productiva española. Tablas input-output de 1975". *Fondo para la Investigación Económica y Social de las Cajas de Ahorros Confederadas*. 1979.
- Alcaide, J. y Raymond, J.L. "Crecimiento de la producción y nivel de empleo de la economía española", *Papeles de Economía Española*, 1981, vol. 8, p. 213-229.
- Alcántara, V. y Padilla, E. "Input-output subsystems and pollution: an application to the service sector and CO₂ emissions in Spain". *Ecological Economics*, doi:10.1016/j.ecolecon.2008.07.010. Article in press, 2008.
- Alcántara, V., y Padilla, E. "Sistemas 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. Asociación española de Input-Output. Zaragoza. 2007.
- Alcántara, V., y Roca, J. "Energy and CO₂ emissions in Spain: methodology of analysis and some results for 1980-90". *Energy Economics*, 1995, vol. 17. núm. 3, p. 221-230.
- André, P., Cardenete, M.A. y Velázquez, E. "Performing an environmental tax reform in a regional economy". *Annals of Regional Science*, 2005, 39, p. 375-392.
- Arrow, K.J. y Debreu, G. "Existence of an equilibrium for a competitive economy", *Econometrica*, 1954, núm. 22, p. 265-290.
- Bosch, J., García Montalvo, J., García Villar, J., Sancho, F., y Serra de la Figuera, D. "Evaluación del Impacto Económico de la Construcción de la Red de Cable de Banda Ancha en Cataluña", Institut D'Estudis Territorials, Barcelona, 1997.
- Bovenberg, L., Goulder, L.H. "Optimal environmental taxation in the presence of other taxes: General Equilibrium Analyses". *American Economic Review*, 1996, 86, núm. 4, p. 985-1000.
- Bye, B. "Environmental tax reform and producer foresight: An intertemporal computable general equilibrium analyses". *Policy Modelling*, 2000, 22 (6), p. 719-752.
- Cámara Sánchez, A. "Estimación de la Matriz de Contabilidad Social de la Comunidad de Madrid para el año 2000". Consejería de Economía y Hacienda. Comunidad de Madrid, 2008.
- Cardenete, M.A. "Una Matriz de Contabilidad Social para la Economía Andaluza: 1990". *Revista de Estudios Regionales*, 1998, vol. 52, p. 137-153.
- Cardenete, M.A., Fuentes Saguar, P.D. y Polo, C. "Análisis de intensidades energéticas y emisiones de CO₂ a partir de la Matriz de contabilidad social de Andalucía para el año 2.000". *Revista de Economía Agraria y Recursos Naturales*, 2008, vol. 8, 2, p. 31-48.
- Cardenete, M.A. y Llop, M. "Modelos multisectoriales de Equilibrio General Aplicado en España: Una Revisión". *Estudios de Economía Aplicada*, 2005, vol. 23-2, p. 1-21.
- Cardenete, M.A. y Moniche, L. "El nuevo marco Input-Output y la SAM de Andalucía para 1995". *Cuadernos de CC.EE. y EE*, 2001, núm. 41, p. 13-31.

- Cardenete, M.A. y Sancho, F. "Elaboración de una matriz de contabilidad social a través del método de entropía cruzada: España 1995". *Estadística Española*, 2006, 48 (161), p. 67-100.
- CE, 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, 2002.
- De Miguel, F.J. y Manresa, A. "Modelos SAM lineales y distribución de la renta: una aplicación para la economía extremeña". *Estudios de Economía Aplicada*, 2004, vol. 22-3, p. 577-603.
- Defourney, J. y Thorbecke, E. "Structural Path Analysis and Multiplier Decomposition within a Social Accounting Matrix framework", *The Economic Journal*, 1984, núm. 94 p. 111-136.
- Fernández, J. y González, P. "Matrices de Contabilidad Social: Una Panorámica". *Ekonomiaz*, 2004, núm. 57, 3^{er} Cuatrimestre, p. 133-158.
- Ferri, J., y Uriel, E. "Multiplicadores contables y análisis estructural en la Matriz de Contabilidad Social. Una aplicación al caso español". *Investigaciones económicas*, 2000, núm. 24 (2). p. 419-453.
- Gómez, A., Kverndokk, S. y FaeHN, T. "Can a carbon permit system reduce Spanish unemployment?". *Discussion paper*, núm. 410, Statistics Norway, research department, Oslo, 2005.
- Heimler, A. "Linkages and vertical integration in the Chinese economy", *Review of Economics and Statistics*, 1991, 73, p. 261-267.
- Hewings, G.J.D., Sonis, M., Guo, J., Israilevich, P.R. y Schindler, G.R. "The Hollowing-Out process in the Chicago economy, 1975-2011", *Geographical Analysis*, 1997, 30, p. 217-233.
- Kehoe, T.J., Manresa, A., Polo, C. y Sancho, F. "Una Matriz de Contabilidad Social de la Economía española". *Estadística Española*, 1988, 30 (117), p. 5-33.
- Labandeira, X. y López-Nicolás, A. "La imposición de los carburantes de automoción en España: algunas observaciones teóricas y empíricas". *Hacienda Pública Española*, 2002, 160, p. 177-210.
- Lima, C. "Modelos multisectoriales para la evaluación de Políticas Públicas: Análisis de impacto de los Fondos Europeos recibidos por la Economía Andaluza". *Tesis Doctoral*. (ed) Universidad de Granada. En prensa, 2008.
- Leontief, W. "Input-Output Economics". New York: Oxford University Press, 1966.
- Manresa, A. y Sancho, F. "Implementing a double dividend: Recycling ecotaxes toward lower labour taxes". *Energy Policy*, 2005, 33, p. 1577-1585.
- Manresa, A. y Sancho, F. "Energy intensities and CO₂ emissions in Catalonia: a SAM analysis". *International Journal Environment. Workplace and Employment*. 2004, vol. 1, núm. 1, p. 91-106.

- Mckenzie, L.W. "On the existence of General Equilibrium for a competitive market", *Econometrica*, 1959, 27, p. 54-71.
- Mooji, R.A. "The double dividend of an environmental tax reform". In: van der Bergh JCJM (ed) *Handbook of environmental and resource economics*. Edward Elgar, 1999.
- Nieto, J. y Santamarta, J. "Las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España". CC.OO. Madrid, 2003.
- Nieto, J. y Santamarta, J. "Evolución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (1990-2006)". CC.OO. Madrid, 2007.
- Polo, C., Roland-Host, D. y Sancho, F. "Distribución de la renta en un modelo SAM de la economía española". *Estadística Española*, 1990, 32 (125), p. 537-567.
- Polo, C. y Sancho, F. "Substitution of Value Added revenues for Social Security Contributions: the case of Spain". en *Studies in Applied General Equilibrium Analysis*, A. Fisati (ed), Avebury Press, London, 1996.
- Pyatt, G. y Round, J. "Accounting and Fixed Price Multipliers in a Social Accounting Framework". *Economic Journal*, 1979, núm. 89, p. 850-873.
- Rasmussen, P. "Studies in Inter-Sectorial relations". Amsterdam, North-Holland, 1956.
- Sánchez Chóliz, J., Duarte, R. "Analysing pollution by vertically integrated coefficients, with an application to the water sector in Aragon", *Cambridge Journal of Economics*, 2003, 27, p. 433-448.
- Sánchez Chóliz, J., Duarte Pac, R. y Mainar Causapé, A. "Environmental impact of household activity in Spain". *Ecological Economics*, 2007, 62, p. 308-318.
- Scarf, H. "The Computation of Economic Equilibria", en colaboración con T. Hansen, New Haven, Yale Univ. Press, 1973.
- Shoven, J.B. "The incidence and efficiency effects of taxes on income from capital", *Journal of Political Economy*, 1976, 86 (6), p. 1261-1284.
- Shoven, J.b., Whalley, J. "Applying General Equilibrium", New York, Cambridge University Press, 1992.
- Sonis, et al. "Linkages, Key Sectors, and Structural Change: Some New Perspectives", *Developing Economies*, 1995, 33 (3), p. 233-270.
- Sonis, M., Hewings, G.J.D. y Sulistyowati, S. "Block structural path analysis: applications to structural changes in the Indonesian Economy", *Economic Systems Research*, 1997, 9, p. 265-278.
- Stern, N. "Stern review: The economics of Climate Change". Cambridge University Press, New York, 2006.
- Stone, R. "The Disaggregation of the Household Sector in the National Accounts", *World Bank Conference on Social Accounting Methods in Development Planning*, Cambridge, 1978.

- Stone, R. "A Social Accounting Matrix for 1960". *A Programme for Growth*. Edit. Chapman and Hall Lid. London, 1962.
- Uriel, E., Ferri, J. y Moltó, L. "Matriz de Contabilidad Social de España (MCS- 1995)". Instituto Nacional de Estadística, Madrid, 2005.
- Uriel, E., Beneito, P., Ferri, J. y Moltó, L. "Matriz de Contabilidad Social de España (MCS- 1990)". Instituto Nacional de Estadística, Madrid, 1997.
- Wald, A. "On some Systems of Equations of Mathematical Economics", *Econometrica*, 1951, 19 (4), p. 368-403.
- Walras, L. "Elementos de Economía Política Pura", 1874, Alianza Editorial, Madrid, 1987.
- Whalley, J. "A General Equilibrium Assessment of the 1973", 1975.
- "United Kingdom Tax Reform", *Economica*, 42, p. 139-161.
- Whalley, J. "The United Kingdom System, 1968-1970: Some Fix Point Indications of its Economic Impact", *Econometrica*, 1977, 45 (8), p. 1837-1858.
- Wender, R. "An applied general equilibrium model of environmental tax reforms and pension policy". *Journal of Policy Modelling*, 2001, núm. 23, p. 25-50.
- Yang, J. "Trade liberalization and pollution: A general equilibrium analysis of carbon dioxide emissions in Taiwan". *Economic Modelling*, 2001, núm. 18, p. 435-454.

RELACIÓN DE TABLAS Y GRÁFICOS



RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.	Estructura de la SAMESPOO.....	18
Tabla 2.	Usos de renta (en millones de euros).....	21
Tabla 3.	Estructura sectorial de la SAMESPOO: Correspondencia con el MIOESPOO (Tabla Simétrica).....	21
Tabla 4.	Macromagnitudes de España, 2000.....	23
Tabla 5.	Matriz de contabilidad social de España 2000 en millones de euros a precios básicos (SAMESPOO).....	24
Tabla 6.	Backward y Forward Linkages de la economía española.....	35
Tabla 7.	Backward y Forward Linkages ponderados de la economía española.....	36
Tabla 8.	Descomposición del Efecto absorción (FLi.) en Efectos netos totales, propios, abiertos y circulares, y porcentajes.....	43
Tabla 9.	Descomposición del Efecto difusión (BLi.) en Efectos netos totales, propios, abiertos y circulares; y porcentajes.....	45
Tabla 10.	Usos de energía final en España.....	49
Tabla 11.	Intensidades energéticas como porcentaje del PIB. (En miles de millones de pesetas constantes de 1995).....	50
Tabla 12.	Multiplicadores energéticos simples de España, año 2000.....	54
Tabla 13.	Multiplicadores contables de España, año 2000 (Nivel 2).....	56
Tabla 14.	Multiplicadores energéticos contables de España, año 2000 (Nivel 3) ..	57
Tabla 15.	Variación sectorial de multiplicadores según el nivel de endogenización.....	58
Tabla 16.	Vector C de emisiones (Kt CO ₂ / 1.000€).....	61
Tabla 17.	Emisiones de CO ₂ en España para el año 2000.....	62
Tabla 18.	Cambios en las Emisiones de CO ₂	63
Tabla 19.	Comparación de los cambios en las emisiones de CO ₂ por una mejora en un 10% de la eficiencia de cada uno de los bienes energéticos.....	64
Tabla 20.	Emisiones Totales y Directas de CO ₂ generadas por el sistema energético español (2000) a partir del Modelo SAM.....	73
Tabla 21.	Emisiones Totales y Directas unitarias del subsistema energético español.....	76

RELACIÓN DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Sectores clave de la Economía Española a partir de la SAMESP00 ..	38
Gráfico 2. Landscape económico de España (2000)	39
Gráfico 3. Consumos intermedios sectoriales por tipo de bien energético.....	48
Gráfico 4. Demanda Final por tipo de bien energético	48
Gráfico 5. Producción doméstica por bien energético.....	49
Gráfico 6. Emisiones directas y totales de las ramas del subsistema energético de la economía española sobre las emisiones sectoriales (%)	74
Gráfico 7. Producción y emisiones del sector energético español debidas a la demanda final del resto de sectores	77



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



eoi | escuela
de negocios

SEDE MADRID

avda. gregorio del amo, 6
ciudad universitaria
28040 madrid
informacion@eoi.es

SEDE SEVILLA

leonardo da vinci, 12
isla de la cartuja
41092 Sevilla
infosevilla@eoi.es

www.eoi.es



Colección EOI

MA

medio ambiente