

SECTORES RELEVANTES EN LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA: UN ENFOQUE INPUT-OUTPUT DESDE LA PERSPECTIVA DE LA PRODUCCIÓN / *RELEVANT SECTORS IN GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN SPAIN: AN INPUT-OUTPUT APPROACH FROM THE PRODUCTION PERSPECTIVE.*

Vicent Alcántara Escolano

Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona.

vicent.alcantara@uab.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5908-1082>

Emilio Padilla Rosa

Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona.

emilio.padilla@uab.es

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9510-8262>

Fecha recepción artículo: 25.02.2023

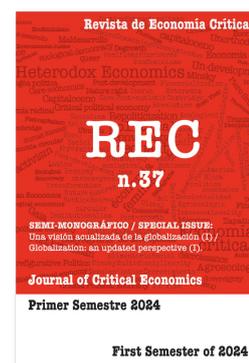
Fecha aceptación artículo: 12.02.2024

Resumen

Mediante un método input-output, determinamos los sectores relevantes en la emisión de gases de efecto invernadero de la economía española. Nuestro enfoque se basa en la responsabilidad en la emisión de gases de efecto invernadero de la producción total —orientada a demanda intermedia o final— de cada sector. Clasificamos los sectores productivos de acuerdo con el papel que juegan en la estructura productiva, ofreciendo una perspectiva complementaria a los métodos usuales basados en el impacto de la demanda final. Tomando la tabla input-output para el año 2018, el análisis destaca la relevancia en la emisión de 14 sectores. Tres de estos sectores se clasifican como claves —metales básicos, transporte por carretera y sector químico—, al ser relevantes tanto por las emisiones que arrastran en otros sectores como las que se ven arrastrados a emitir. Cinco sectores son relevantes por verse inducidos a emitir por el resto de los sectores, destacando el sector de producción de electricidad y la agricultura. Nueve sectores son relevantes por las emisiones que inducen en otros sectores, siendo los más relevantes los sectores de producción de alimentos y construcción y destacando el hecho de que hasta cinco sectores de servicios se encuentran en este grupo, sectores cuya relevancia se habría ignorado mirando sus emisiones directas. Finalmente, desde el punto de vista de su propia demanda, son relevantes todos los sectores que también lo son por ser arrastrados a emitir, incluidos los sectores clave, y dos de los que también lo son por inducir a otros. A estos se añade el sector del transporte aéreo. Gracias a la información obtenida, se derivan una serie de conclusiones de política para orientar la mitigación de emisiones.

Palabras clave: *análisis input-output; impacto ambiental; política climática; sectores clave.*

Clasificación JEL: *C67, H23.*



Abstract

Using an input–output method, we determine the relevant sectors in greenhouse gas emissions of the Spanish economy. Our approach is based on the responsibility for greenhouse gas emissions from the total production—whether oriented towards intermediate or final demand—of each sector. We classify the productive sectors according to the role they play in the production structure, providing a complementary perspective to the usual methods based on final demand impact. Using the input–output table for the year 2018, the analysis highlights the relevance of 14 sectors in greenhouse gas emissions. Three of these sectors are classified as key—basic metals, road transport, and the chemical sector—due to their significance in both the emissions that they pull in other sectors and the emissions they are pulled to emit. Five sectors are relevant because they are pulled to emit by the rest of the sectors, with electricity production and agriculture standing out. Nine sectors are relevant because of the emissions they pull in other sectors, with food production and construction being the most notable. Remarkably, up to five service sectors are included in this group, whose relevance would have been overlooked by solely examining their direct emissions. Finally, from the perspective of their own demand, all sectors that are also relevant due to being pulled to emit are relevant, including the key sectors, and two that are also relevant for pulling emissions in other sectors. The aviation transport sector is also relevant for its own demand. Based on the information obtained, a series of policy conclusions are derived to guide emission mitigation efforts.

Keywords: *climate policy; environmental impact; input-output analysis; key sectors.*

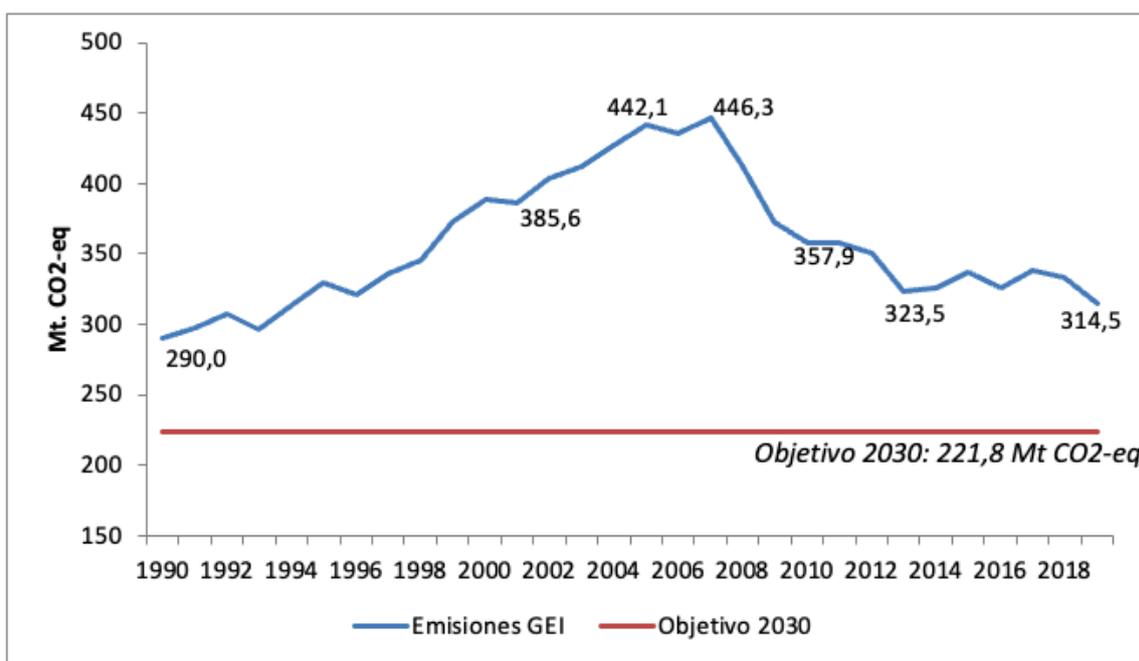
JEL Classification: *C67, H23.*

INTRODUCCIÓN

El gobierno de España ha propuesto un conjunto de objetivos que se enmarcan en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) elaborado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2021). Este plan atiende a las distintas directivas de la Unión Europea respecto a energía y emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con el fin de alcanzar las metas propuestas en materia de eficiencia energética y de descarbonización de la economía. Entre otros objetivos, el plan pretende alcanzar al menos un 23% de reducción de GEI en 2030 respecto a 1990, objetivo recogido en la "Ley de cambio climático y transición energética" ("BOE" núm. 121, de 21 de mayo de 2021)¹. El estudio realizado con el fin de implementar el mencionado Plan indica que las medidas de este deberían conseguir que las emisiones totales brutas de GEI pasen de las 319,3 MtCO₂-eq que se preveían para el año 2020 a 221,8 MtCO₂-eq en 2030 (MITECO, 2021).²

La Figura 1 muestra la evolución de las emisiones para el período 1990-2019. En la misma, se señala el objetivo para 2030 planteado en el PNIEC.

Figura 1. Evolución de las emisiones de GEI en España, 1990-2019



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la CMNUCC (2022).

Si observamos la Figura 1, la emisión máxima se produjo en el año 2007, prácticamente igual a la del año 2005. La caída de la actividad con la Gran Recesión, a partir del año 2008, supuso una reducción bastante drástica respecto a los niveles de emisión que se experimentaron en los años previos a la crisis económica. En este período de crisis, las emisiones alcanzaron su punto más bajo en 2013. Después, estas volvieron a retomar una senda de crecimiento moderado hasta 2017, evidenciándose la mayor dificultad de reducir emisiones cuando aumenta la actividad económica.

¹ Este objetivo deberá actualizarse en función de cómo se concreten para cada país los nuevos objetivos, más ambiciosos, establecidos por la Unión Europea en la nueva Ley Europea del Clima y en la estrategia definida el paquete de medidas "Objetivo 55" (Comisión Europea, 2021).

² Las emisiones en 2020 finalmente ascendieron a 274,7 Mt. de CO₂-eq (MITECO, 2022). No obstante, 2020 fue un año anómalo por la crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19, con una caída del PIB del -10,8 % y de las emisiones del -12,5 % respecto al año anterior.

Dado que las emisiones de GEI están estrechamente ligadas a la actividad productiva, el diseño de las políticas de mitigación que lleven a alcanzar los objetivos fijados debe realizarse atendiendo a un conocimiento preciso de las relaciones estructurales entre la actividad económica y las emisiones. Para hacer patentes estas relaciones estructurales planteamos, en primer lugar, un método input-output extendido ambientalmente para cuantificar el impacto emisor de los distintos sectores productivos centrado en la responsabilidad de la obtención de la producción total de los diferentes sectores en la emisión de GEI, un enfoque, por tanto, diferente al habitual enfoque de demanda³. Consideramos, después, las características particulares de los distintos sectores de acuerdo con sus interrelaciones en la estructura productiva española, en función de si arrastran o son arrastrados a emitir por los otros sectores, así como también por la importancia de su propia demanda final⁴. Se obtiene así una clasificación de los sectores que permite orientar más adecuadamente las políticas de mitigación pertinentes en función del papel que juega de cada sector en la estructura productiva.

PROPUESTA METODOLÓGICA

La relación entre las emisiones contaminantes y el comportamiento del sistema económico, en un marco input-output, se analiza vinculando los coeficientes de emisión —la emisión generada por unidad de output— de cada uno de los sectores productivos de la economía en el modelo de Leontief (1936). Supongamos una economía integrada por n sectores o ramas de producción. Siendo $i, j = 1, \dots, n$ los sectores productivos, los coeficientes de emisión vienen dados por la siguiente expresión:

$$(1) \quad \mathbf{c} = \hat{\mathbf{x}}^{-1} \mathbf{e}$$

en la que \mathbf{c} es un vector columna ($n \times 1$) de coeficientes de emisión, \mathbf{x} el vector ($n \times 1$) de producciones sectoriales y \mathbf{e} un vector ($n \times 1$) de emisiones sectoriales⁵. Por tanto,

$$(2) \quad E = \mathbf{c}' \mathbf{x}$$

reproduce la emisión total, E , generada por la actividad productiva total de la economía.

Sustituyendo \mathbf{x} por su valor en el modelo abierto de Leontief, se obtiene:

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

siendo \mathbf{A} la matriz de coeficientes técnicos o de inputs, \mathbf{y} el vector de outputs netos sectoriales y $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ la inversa de Leontief.

Atendiendo a los planteamientos de Rasmussen (1958) y Hirschman (1958), a partir de la expresión (3) es posible obtener los encadenamientos hacia atrás —que denotaremos como BL, por las siglas en inglés de "*backward linkages*"— y los encadenamientos hacia adelante —que denotaremos como FL, por las siglas en inglés de "*forward linkages*"—. A partir de estos, se puede determinar los llamados sectores clave e indicadores que permiten explicar el comportamiento emisor de los distintos sectores productivos de la economía. No obstante, aunque este planteamiento desde la perspectiva de la demanda final es

³ Ambos enfoques parten habitualmente de las emisiones territoriales o de la producción, que son las que miden los inventarios nacionales. En los últimos años, está ganando fuerza una forma alternativa de estimar las emisiones basada en la responsabilidad del consumo. En esta, se estiman las emisiones generadas para abastecer la demanda doméstica de un país, independientemente de dónde se produzcan, lo que requiere datos de las relaciones comerciales e intersectoriales entre países (Peters, 2008). Nuestro enfoque en este artículo se centra en las responsabilidades desde la perspectiva productiva de los diferentes sectores, con lo que las emisiones relevantes para el mismo serían las territoriales o de la producción.

⁴ Actualmente la literatura avanza en marcos multirregionales (Hubacek y Feng, 2023) que tratan de conectar las interrelaciones sectoriales globales. Si bien, análisis multirregional abre muchas posibilidades (y permitiría interesantes ampliaciones del presente trabajo), también complica el análisis y podría limitar el detalle sectorial, con lo que creemos que el análisis realizado permite una buena primera aproximación a la realidad que pretendemos estudiar.

⁵ En el presente trabajo $\hat{\mathbf{c}}$ expresa la diagonalización o expresión en forma de matriz diagonal de un vector. Los vectores se escriben con minúsculas y en negrita. Las matrices con mayúsculas y negrita. ($'$) expresa la transposición tanto de matrices como de vectores. Los escalares se escriben en cursiva.

interesante, resulta insuficiente, en tanto en cuanto los sectores productivos no sólo son productores de bienes finales. Como plantea Heimler (1991), la demanda final de un sector cualquiera puede ser cero, lo que supondría, considerando los desarrollos anteriores, que la emisión final asignada a dicho sector sería nula. Si un sector tiene emisiones directas, pero una demanda final nula, sus emisiones se localizan en su demanda intermedia. No obstante, el modelo de demanda, sin más, no permite capturar esa situación y centra toda su atención en los sectores cuya demanda final lleva a esta emisión.

El objetivo de nuestra investigación es determinar los sectores más relevantes en las emisiones de GEI y mostrar el papel que juegan en el marco de la estructura productiva española. Estudiaremos las emisiones totales del sistema vinculadas a la producción total de cada sector, atendiendo al uso de esta en los distintos sectores. Se trata de determinar las ligazones intersectoriales considerando los requerimientos directos e indirectos de los productos totales, sean éstos utilizados para la obtención de la demanda final o para la demanda intermedia. Este planteamiento fue desarrollado por Karunaratne (1976), que lo consideró como un marco semi-input-output, y fue recogido en la cuidadosa exploración de Hewings (1982) sobre la identificación de sectores clave. En una fecha posterior, y con una rigurosa descripción matemática, es adoptado por Milana (1985) para determinar el empleo total de los outputs finales y los outputs brutos de cada industria en Italia para el año 1975. Heimler (1991) utiliza el mismo método para la evaluación de las industrias clave en la economía China.

El método, que desarrollamos en Alcántara y Padilla (2020), se basa en el planteamiento de las referencias anteriores, pero adaptándolo al análisis ambiental. Este permite identificar de una forma precisa los sectores que son claves en la emisión, en términos de su relación con otros sectores, dada la estructura productiva y tecnológica de la economía. Este planteamiento ofrece una perspectiva complementaria a la ofrecida por el análisis convencional de los impactos de la demanda, dando una perspectiva más completa del impacto de la obtención de la producción total de cada sector.

Nuestro punto de partida es la ecuación básica del modelo de Leontief.

$$(4) \quad \mathbf{Ax} + \mathbf{y} = \mathbf{x}$$

\mathbf{A} es igual a la suma de las siguientes matrices:

$$(5) \quad \mathbf{A} = \mathbf{A}^D + \mathbf{A}^O$$

en la que \mathbf{A}^D es una matriz diagonal construida con los elementos de la diagonal principal de \mathbf{A} y \mathbf{A}^O el resto de los elementos de \mathbf{A} fuera de la diagonal.

El sistema puede ser reescrito como sigue:

$$(6) \quad \mathbf{A}^D \mathbf{x} + \mathbf{A}^O \mathbf{x} + \mathbf{y} = \mathbf{x}$$

y podemos obtener:

$$(7) \quad (\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{A}^O \mathbf{x} + (\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{y} = \mathbf{x}$$

El primer sumando a la izquierda de la igualdad muestra el impacto que la demanda intermedia tiene sobre los distintos sectores productivos. El segundo sumando muestra el impacto propio de la demanda final sobre su respectivo sector. Nótese que este impacto propio no incorpora el *feed-back* que se da en el caso de la inversa de Leontief. Este está ahora asignado al sector respectivo al que se le ha vendido la mercancía correspondiente. Esto es, si el sector i vende al sector j una determinada cantidad de producto, este último, desde una perspectiva de la producción, es el responsable del incremento de la producción de i . Sin embargo, desde la perspectiva de la demanda final sería el responsable del incremento de su propia producción por la necesidad de insumos de otros sectores, dado que la inversa de Leontief recoge la responsabilidad por el consumo final.

Multiplicando la expresión (7) por el vector de coeficiente de emisiones, obtenemos:

$$(8) \quad \hat{\mathbf{c}}(\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{A}^O \mathbf{x} + \hat{\mathbf{c}}(\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{y} = \hat{\mathbf{c}} \mathbf{x}$$

Podemos obtener los BL a partir del primer sumando a la izquierda de la expresión (8):

$$(9) \quad \boldsymbol{\mu}'_B = \mathbf{c}'(\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{A}^O \hat{\mathbf{x}}$$

este vector expresa el BL puro (PBL) para cada sector productivo. Este coincide con el que se propone en Sonis *et al.* (1995).

Con el fin de capturar el impacto horizontal de todos los sectores sobre un sector determinado para un momento concreto del tiempo, se computa la siguiente expresión:

$$(10) \quad \boldsymbol{\mu}_F = \hat{\mathbf{c}}(\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{A}^O \mathbf{x}$$

Expresión que no debe interpretarse como un encadenamiento hacia adelante puro (PFL) en el sentido de Sonis *et al.* (1995). Es, sin embargo, un impacto puro de todos los sectores sobre cada sector particular que nos interesa desde la perspectiva de nuestro análisis posterior. En cualquier caso, como desde la perspectiva de los análisis convencionales que utilizan los coeficientes de Rasmussen se le define como FL, nosotros lo mencionaremos así en estas páginas y utilizaremos las siglas PFL.

Por último, la producción necesaria de cada sector para atender a su propia demanda, prescindiendo de los posibles *feed-backs*, vendría dada por la expresión:

$$(11) \quad \boldsymbol{\mu}_D = \hat{\mathbf{c}}(\mathbf{I} - \mathbf{A}^D)^{-1} \mathbf{y}$$

A partir de los resultados obtenidos para las tres expresiones anteriores, establecemos tres índices que nos permitirán caracterizar los distintos sectores atendiendo a la importancia relativa de los mismos en cuanto a su orientación emisora de GEI, teniendo en cuenta su papel en el marco de la estructura productiva. Dado que el total de las emisiones son obviamente iguales desde una perspectiva BL y FL, podemos establecer el promedio como magnitud de referencia.

Sea $\bar{\boldsymbol{\mu}}$ el promedio de referencia. A partir de la expresión (9) podemos establecer la siguiente relación:

$$(12) \quad \boldsymbol{\mu}^*_{B,j} = \frac{\boldsymbol{\mu}_{B,j}}{\bar{\boldsymbol{\mu}}}$$

que nos muestra la importancia relativa de los PBL del sector productivo j .

Del mismo modo, procedemos con la expresión (10), para la importancia relativa de los PFL, y con la expresión (11), para la importancia relativa de las demandas propias:

$$(13) \quad \boldsymbol{\mu}^*_{F,j} = \frac{\boldsymbol{\mu}_{F,j}}{\bar{\boldsymbol{\mu}}}$$

$$(14) \quad \boldsymbol{\mu}^*_{D,j} = \frac{\boldsymbol{\mu}_{D,j}}{\bar{\boldsymbol{\mu}}_D}$$

En esta última expresión, la media es, obviamente, distinta.

La expresión (14) muestra la importancia relativa de las emisiones generadas por un sector para su propia demanda. Como señalábamos arriba, se pueden producir *feed-backs* como consecuencia de las compras que un sector realiza a otros sectores para obtener su demanda final. Desde la perspectiva de la demanda, la responsabilidad se atribuiría a esa demanda final. No obstante, el interés del presente trabajo se centra en el comportamiento emisor de los distintos sectores en el marco de la estructura de la producción. Pretendemos aportar información en términos de la responsabilidad desde el punto de vista de las emisiones requeridas para la producción total de cada sector, de forma que queden mejor reflejadas

las responsabilidades sectoriales desde el punto de vista productivo. En cualquier caso, el indicador dado por la expresión (14) juega también un papel importante, desde el punto de vista del diseño de políticas ambientales, en combinación con los otros dos.

A partir de las expresiones (12), (13) y (14) podemos establecer una clasificación de los distintos sectores, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los sectores relevantes en la emisión de GEI

| Clasificación en función de sus relaciones con otros sectores | | |
|---|---|---|
| | $\mu_{B,j}^* \geq 1$ | $\mu_{B,j}^* < 1$ |
| $\mu_{F,j}^* \geq 1$ | Sectores clave | Sectores que son inducidos a emitir por otros sectores de forma relevante |
| $\mu_{F,j}^* < 1$ | Sectores inductores relevantes de la emisión | Resto de sectores |
| Clasificación en función de la relevancia de su propia demanda final | | |
| $\mu_{D,j}^* \geq 1$ | Sectores relevantes por el efecto en las emisiones de su propia demanda | |
| $\mu_{D,j}^* < 1$ | Sectores con emisiones propias no relevantes | |

Fuente: Preparado por los autores.

DATOS Y RESULTADOS

Sobre la base de las propuestas anteriores, abordamos el comportamiento emisor de la economía española en el año 2018. Para el desarrollo de esta investigación se ha utilizado la tabla input-output de 2018 de la base estadística de la OCDE (2021a). Para la información estadística sobre GEI hemos recurrido a la proporcionada por la OCDE (2021b). La información que dicha base facilita para los países europeos, como es el caso de España, procede de Eurostat. El método expuesto en el apartado anterior fue propuesto y aplicado previamente por los autores a la tabla input-output de 2014 de la WIOD (Alcántara y Padilla, 2020). Con el presente trabajo, además de obtener una mayor desagregación sectorial, a 42 sectores, lo que permite una mayor precisión en el análisis sectorial, se actualizan los resultados tras cuatro años de una importante recuperación del crecimiento económico.

Los resultados obtenidos del cálculo de las expresiones (9) a (11) se encuentran en el Anexo I. A partir de esos cálculos, se computan los indicadores ofrecidos por las ecuaciones (12) a (14). En función de las relaciones intersectoriales dadas por los PBL y PFL que nos ofrecen esas expresiones, se determinan los sectores más relevantes en la emisión en función de la estructura productiva española, siguiendo los criterios de clasificación establecidos en la Tabla 1. Los resultados obtenidos se reflejan en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación sectorial y emisiones de GEI por tipo de impacto (Kt) y % sobre las emisiones, 2018

| Sectorios clave | | | | | | | | |
|---|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------|
| | Emisión BL | % | Emisión FL | % | Propia demanda | % | Emisión directa | % |
| Metales básicos | 6.130,9 | 4,75 | 5.387,0 | 4,17 | 5.466,1 | 3,74 | 10.853,1 | 3,95 |
| Fabricación de sustancias y productos químicos | 4.707,0 | 3,65 | 4.935,7 | 3,82 | 9.828,7 | 6,73 | 14.764,3 | 5,37 |
| Transporte terrestre y por tuberías | 4.449,7 | 3,45 | 11.452,9 | 8,87 | 18.094,4 | 12,39 | 29.547,3 | 10,74 |
| Total grupo | 15.287,6 | 11,84 | 21.775,6 | 16,87 | 33.389,1 | 22,87 | 55.164,7 | 20,05 |
| Sectorios arrastrados por el resto (relevantes por las emisiones de sus encadenamientos hacia adelante, FL) | | | | | | | | |
| | Emisión BL | % | Emisión FL | % | Propia demanda | % | Emisión directa | % |
| Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado | 2.015,7 | 1,56 | 38.012,7 | 29,45 | 21.209,2 | 14,53 | 59.221,9 | 21,53 |
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca | 3.059,0 | 2,37 | 25.372,6 | 19,65 | 24.955,4 | 17,09 | 50.328,1 | 18,30 |
| Fabricación de otros productos minerales no metálicos | 2.620,4 | 2,03 | 15.078,5 | 11,68 | 9.479,9 | 6,49 | 24.558,4 | 8,93 |
| Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación | 1.475,3 | 1,14 | 7.573,0 | 5,87 | 6.439,1 | 4,41 | 14.012,1 | 5,09 |
| Coque y productos refinados del petróleo | 3.065,9 | 2,38 | 4.746,9 | 3,68 | 11.961,0 | 8,19 | 16.707,9 | 6,07 |
| Total grupo | 12.236,3 | 9,48 | 90.783,8 | 70,33 | 74.044,7 | 50,72 | 164.828,4 | 59,92 |
| Sectorios que arrastran a otros (relevantes por las emisiones de sus encadenamientos hacia atrás, BL) | | | | | | | | |
| | Emisión BL | % | Emisión FL | % | Propia demanda | % | Emisión directa | % |
| Productos alimenticios, bebidas y tabaco | 27.051,5 | 20,96 | 1.957,4 | 1,52 | 4.400,3 | 3,01 | 6.357,7 | 2,31 |
| Construcción | 11.440,7 | 8,86 | 669,6 | 0,52 | 2.518,4 | 1,73 | 3.188,0 | 1,16 |
| Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor | 9.852,0 | 7,63 | 1.529,6 | 1,18 | 2.409,2 | 1,65 | 3.938,8 | 1,43 |
| Actividades de alojamiento y servicio de comidas | 6.118,3 | 4,74 | 374,5 | 0,29 | 2.611,6 | 1,79 | 2.986,1 | 1,09 |
| Vehículos de motor, remolques y semirremolques | 4.204,5 | 3,26 | 69,2 | 0,05 | 747,2 | 0,51 | 816,4 | 0,30 |
| Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo | 3.931,5 | 3,05 | 231,7 | 0,18 | 172,7 | 0,12 | 404,4 | 0,15 |
| Almacenamiento y actividades soporte al transporte | 3.566,2 | 2,76 | 609,3 | 0,47 | 425,9 | 0,29 | 1.035,2 | 0,38 |
| Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria | 3.315,5 | 2,57 | 577,0 | 0,45 | 4.281,2 | 2,93 | 4.858,1 | 1,77 |
| Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social | 3.272,0 | 2,53 | 70,7 | 0,05 | | 0,00 | 1.263,8 | 0,46 |
| Total grupo | 72.752,2 | 56,36 | 6.088,9 | 4,72 | 8.681,5 | 5,95 | 24.848,6 | 9,03 |
| Sectorios relevantes por el efecto de su propia demanda | | | | | | | | |
| | Emisión BL | % | Emisión FL | % | Propia demanda | % | Emisión directa | % |
| Transporte aéreo | 1.375,0 | 1,07 | 2.649,5 | 2,05 | 8.859,8 | 6,07 | 11.509,2 | 4,18 |
| Total grupo | 1.375,0 | 1,07 | 2.649,5 | 2,05 | 8.859,8 | 6,07 | 11.509,2 | 4,18 |
| Resto de sectorios | | | | | | | | |
| | Emisión BL | % | Emisión FL | % | Propia demanda | % | Emisión directa | % |
| Otros sectorios | 27.439,3 | 21,26 | 7.792,8 | 6,04 | 21.018,8 | 14,40 | 18.733,5 | 6,81 |
| Total sectorios productivos | 129.090,5 | 100,00 | 129.090,5 | 100,00 | 145.993,9 | 100,00 | 275.084,4 | 100,00 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de OCDE (2021a, 2001b) y el cálculo de las expresiones (9) a (14).

Nota: Se señalan en negrita las cantidades y los porcentajes de los sectorios que son relevantes en cada tipo de impacto. Los resultados completos para todos los sectorios se recogen en el Anexo I.

De acuerdo con nuestro análisis, destaca la relevancia en la emisión de 14 sectores productivos para el año 2018. Tres de estos sectores se clasifican como claves, al ser relevantes tanto por las emisiones que arrastran en otros sectores como las que se ven arrastrados a emitir: Metales básicos; Fabricación de sustancias y productos químicos; y Transporte terrestre y por tuberías. Destaca el sector de Transporte terrestre, el cual, además, también es relevante por requerir bastantes emisiones por su propia demanda final. La emisión generada por verse arrastrados por otros sectores —encadenamientos hacia adelante— de este grupo representaría el 16,9% del total de emisiones de este tipo de impacto, mientras que la emisión que arrastrarían de otros sectores tan solo llegaría al 11,8% del total de emisiones de este tipo de impacto de los sectores productivos. Los tres sectores también destacan por su propia demanda, particularmente los sectores de Transporte terrestre y por tuberías y Fabricación de sustancias y productos químicos. Aunque estos sectores se denominan clave por tener un impacto relevante arrastrando y siendo arrastrados a emitir, otros sectores tienen una importancia aún mayor si nos centramos solo en alguna de las perspectivas. Con relación a los resultados de Alcántara y Padilla (2020), un cuarto sector que allí se consideraba como clave en 2014 (Productos de caucho y plástico y otros productos minerales no metálicos), aquí se divide en dos sectores, ninguno de los cuáles aparece como clave, si bien el de Fabricación de otros productos minerales no metálicos sí que es relevante por verse arrastrado a emitir (además de por su propia demanda).

En relación con los sectores que destacan por verse arrastrados por otros a emitir, es decir, que tienen unos importantes encadenamientos hacia adelante en las emisiones, destacan cinco sectores: Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado; Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca; Fabricación de otros productos minerales no metálicos; Suministro de agua, evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación; y Coque y productos refinados del petróleo. Las emisiones que estos sectores se ven arrastrados a emitir representan el 70,3% de este componente, mientras que, en cambio, la producción de estos sectores solo arrastra un 9,5% de las emisiones en otros sectores. Los tres primeros sectores comentados, son los más relevantes, representando respectivamente un 29,5%, un 19,7% y un 11,7% de las emisiones inducidas. Todos estos sectores son también muy relevantes por su propia demanda, representando el 50,7% de este impacto. En este caso, los sectores relevantes coinciden con cuatro sectores estimados para el año 2014 en Alcántara y Padilla (2020), a los que se añade el caso mencionado del sector de Fabricación de otros productos minerales no metálicos.

Nueve sectores son relevantes por las emisiones que inducen en otros sectores, por este orden: Productos alimenticios, bebidas y tabaco; Construcción; Comercio al por mayor y al por menor, reparación de vehículos de motor; Actividades de alojamiento y servicio de comidas; Vehículos de motor, remolques y semirremolques; Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo; Almacenamiento y actividades soporte al transporte; Administración pública y defensa, planes de seguridad social de afiliación obligatoria; y Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social. En este caso, la producción de alimentos destaca por encima del resto, con un 21,0% del total de las emisiones inducidas en otros sectores. El impacto de la producción de la construcción es también muy relevante, con 8,9%. Una cuestión muy destacable es la presencia de cinco sectores de servicios en este grupo. Este tipo de análisis permite ver el impacto que la producción de servicios tiene en las emisiones —más allá del impacto más evidente del sector del transporte—, muy por encima del peso que se les atribuiría si solo nos fijáramos en sus emisiones directas. Es de destacar que sólo dos sectores de este grupo — Productos alimenticios, bebidas y tabaco; y Administración pública y defensa, planes de seguridad social de afiliación obligatoria— destacan por tener un impacto de la propia demanda superior a la media. Un aspecto importante a la hora de considerar políticas ambientales para el resto de los sectores del grupo es, por tanto, su marcado carácter inductor de la emisión más que su emisión propia. Si bien los cinco primeros sectores coinciden con los que fueron detectados como relevantes en Alcántara y Padilla (2020), cabe destacar que la mayor desagregación sectorial desarrollada en el presente análisis para 2018 permite destacar la relevancia relativa de cuatro sectores más, tres de ellos de servicios.

Finalmente, además de los sectores señalados que eran relevantes por inducir o por ser inducidos y además por su propia demanda, también destaca por su propia demanda el sector del Transporte aéreo, con un 6,1% de las emisiones de este impacto de los sectores productivos. Aquí también hay diferencias respecto a lo encontrado en Alcántara y Padilla (2020). En el presente análisis, además de los sectores relevantes en aquel trabajo, la mayor desagregación sectorial ha permitido destacar la relevancia del sector de Transporte aéreo (que en aquel trabajo estaba integrado en el sector Transporte y almacenamiento), además de los sectores Productos alimenticios, bebidas y tabaco y Administración pública y defensa, que no eran relevantes por su propia demanda según el cálculo con los datos de la WIOD para 2014.

Para orientar las políticas, es necesario tener en cuenta la relevancia de las relaciones intersectoriales y la forma que toman, pero también es necesario considerar la importancia de la propia demanda en las emisiones. En función de los resultados, será más adecuado actuar sobre la demanda final o sobre el entramado de relaciones sectoriales, con políticas de sustitución de inputs o políticas tecnológicas.

A continuación, la Tabla 3 muestra el tipo de políticas que sería más adecuada en cada caso, en función de los resultados obtenidos en nuestro análisis.

Tabla 3. Clasificación de sectores productivos según su papel en las emisiones del sistema productivo y medidas de política adecuadas

| Tipo de impacto | Sectores productivos | Medidas de política |
|--|--|--|
| Sectores arrastrados a emitir | | |
| Sectores que son relevantes porque emiten GEI cuando proveen insumos para la producción (final e intermedia) de otros sectores | <ul style="list-style-type: none"> - Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado - Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca - Fabricación de otros productos minerales no metálicos - Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación - Coque y productos refinados del petróleo | <p>Las medidas de adopción de mejores prácticas, así como las acciones tecnológicas serían efectivas para reducir significativamente las emisiones en su producción que, en gran medida, se incorpora en otros sectores.</p> <p>En el caso del primer sector, el más importante (29,5% del total), conviene continuar y reforzar las acciones orientadas a cambiar el mix energético para generar electricidad y, en particular, aumentar el porcentaje de renovables. En la agricultura habría que incentivar el paso a prácticas más sostenibles, reduciendo el uso de combustibles fósiles. En la gestión de residuos, sería importante reducir su generación y aumentar su aprovechamiento energético. En cuanto a la fabricación de productos minerales no metálicos, cuyo peso se debe a la importancia de la construcción, habría que invertir en mejoras ambientales en su producción, siendo muy relevante reducir el contenido de carbono de la energía empleada en su producción.</p> |
| Sectores que arrastran emisión | | |
| Sectores que son relevantes porque su producción (final e intermedia) requiere insumos de otros sectores que emiten GEI durante su producción | <ul style="list-style-type: none"> - Productos alimenticios, bebidas y tabaco - Construcción - Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor - Actividades de alojamiento y servicio de comidas - Vehículos de motor, remolques y semirremolques - Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo - Almacenamiento y actividades soporte al transporte - Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria - Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social | <p>En estos sectores serían adecuadas las medidas de sustitución de insumos, cambiando los insumos que incorporan más emisiones por aquellos más limpios en su producción. También sería importante mejorar la eficiencia en el uso de insumos contaminantes, reduciendo su demanda. Los sectores aparecen ordenados por importancia, con un papel muy destacado de la producción de alimentos. Las políticas de etiquetaje (etiquetaje verde) puede tener impacto en este sector. También destaca la construcción, que requiere gran cantidad de insumos materiales y energía, siendo muy importante la eficiencia y la sustitución por insumos menos intensivos en energía y emisiones. La información sobre el contenido de carbono de los insumos puede facilitar decisiones de sustitución. Un aspecto muy destacable en este tipo de impacto es la presencia de 5 sectores de servicios cuya importancia se suele obviar porque no emiten mucho de forma directa pero que, en cambio, requieren de muchas emisiones para su producción. Las medias de eficiencia energética en edificios y en sistemas de calefacción y refrigeración pueden ser efectivas en el sector.</p> |
| Sectores clave | | |
| Sectores relevantes desde ambas perspectivas (arrastran y son arrastrados a emitir). Su producción (final e intermedia) requiere insumos de otros sectores que emiten GEI y es usada en la producción de otros | <ul style="list-style-type: none"> - Metales básicos - Fabricación de sustancias y productos químicos - Transporte terrestre y por tuberías | <p>Sectores donde, siendo relevantes desde ambas perspectivas, las medidas indicadas arriba para ambos casos pueden ser relevantes. En el caso del transporte terrestre, al ser mucho más importante el componente inducido, serían más importantes las medidas tecnológicas y de sustitución de fuentes energéticas (e.g., electrificación). En los otros tres sectores los dos tipos de medidas descritas arriba podrían tener un impacto similar.</p> |
| Sectores que son relevantes por su demanda final | | |
| Sectores con emisiones directas importantes que orientan una parte relevante de su producción a satisfacer su propia demanda final | <ul style="list-style-type: none"> - Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca - Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado - Transporte terrestre y por tuberías - Coque y productos refinados del petróleo - Fabricación de sustancias y productos químicos - Fabricación de otros productos minerales no metálicos - Transporte aéreo - Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación - Metales básicos - Productos alimenticios, bebidas y tabaco - Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria | <p>En este caso, las medidas orientadas a impactar en la demanda final del sector serían efectivas. Se podría desincentivar el consumo excesivo de los sectores más contaminantes, ya sea para reducir este tipo de consumo como para promover el consumo de alternativas menos contaminantes cuando existan substitutos. Los sectores más importantes en este impacto coinciden con los sectores relevantes por verse inducidos, con lo que, en general, será necesario combinar acciones sobre su demanda final con como medidas tecnológicas y de adopción de mejores prácticas.</p> |
| Sectores que no son relevantes para la emisión | | |
| Sectores que no son cuantitativamente relevantes en ninguno de los impactos anteriores | Resto de sectores | <p>En estos sectores la acciones a través de políticas específicas no serían una prioridad, aunque se verán igualmente afectados por políticas sistémicas como "poner precio al carbono" que reduzcan las emisiones donde sea eficiente.</p> |

Fuente: elaboración propia.

Nota: Los sectores aparecen ordenados según la magnitud de sus emisiones en de cada tipo de impacto.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE POLÍTICA

Mediante la aplicación de un método input-output, se han clasificado los diferentes sectores productivos de la economía española de acuerdo con la responsabilidad de su producción en las emisiones de GEI, teniendo en cuenta su papel en la estructura productiva. El análisis desarrollado permite determinar qué sectores son más relevantes, tanto porque arrastran a otros sectores a emitir o porque se ven arrastrados a emitir por otros sectores. En contraste con los enfoques más habituales, basados en la responsabilidad de la demanda final, el nuestro se basa en la responsabilidad de la producción total de cada sector. Por tanto, nuestro enfoque se centra en la estructura productiva, frente a los enfoques que determinan la responsabilidad en función de la estructura de la demanda. Para completar la información de cara a la orientación de políticas, se ha elaborado también un indicador que muestra la importancia de la propia demanda de cada sector en las emisiones generadas en su producción.

La clasificación permite identificar los sectores relevantes en función de cómo se relacionan con otros sectores respecto a las emisiones que generan, lo que ha permitido identificar el tipo de políticas que pueden tener más efectividad en cada caso.

Entre los sectores más relevantes por ser inducidos por otros, los cuales también son relevantes por su propia demanda, destaca el sector de electricidad. En este caso, la medida más importante es la transición hacia fuentes de energía renovables. En esta línea, el PNIEC a través de diferentes medidas (MITECO, 2021) pretende incrementar significativamente la potencia instalada en renovables para cumplir con el objetivo marcado de un 74% de penetración de renovables en el sector en 2030. Se calcula que esto llevará a un ahorro de 36 MtCO₂-eq en el sector de generación de electricidad. Los costes de las renovables han caído significativamente y la energía eólica y fotovoltaica son ya competitivas actualmente, con lo que las medidas solo necesitan acelerar la sustitución de los combustibles fósiles que ya se está dando (Alcántara *et al.* 2022). Durante los años previos, el aumento en el uso del gas ha permitido reducir las emisiones de CO₂, desplazando al carbón y el petróleo. A pesar de sus bajos precios durante los primeros años, el sistema de comercio de emisiones ha ayudado a la descarbonización de la economía (Baranzini *et al.* 2017; Bayer y Aklin, 2020), en parte aumentando el porcentaje del gas natural. De cara al futuro, debería facilitar la transición hacia la completa sustitución de los combustibles fósiles en la generación de electricidad. La electrificación es, además, una opción coste-eficiente para descarbonizar sectores, pudiendo ser efectivas las medidas en este sentido en el transporte (Alcántara *et al.*, 2022). En esta línea, el PNIEC planea que las renovables alcancen en 2030 el 28% en la movilidad-transporte gracias a la electrificación y el uso de biocarburantes avanzados (MITECO, 2021). Se espera que esto, junto con otras medidas, lleven a una reducción de 27 MtCO₂-eq en movilidad y transporte. En cuanto al resto de sectores que destacan por inducir a otros sectores, la introducción de mejoras tecnológicas que mejoren la eficiencia o substituyan los combustibles, así como la adopción de buenas prácticas, pueden ser efectivas reduciendo la emisión de GEI que luego se incorpora en la producción de otros sectores. El PNIEC planea ahorrar 10.256,2 ktps en 2020–2030 con medidas para mejorar la tecnología y sistemas de gestión de los procesos industriales, mientras que en el sector de la agricultura planea ahorros de energía de 1.203,9 ktps con medidas de eficiencia energética en granjas, comunidades de riego y maquinaria agraria (MITECO, 2021).

En cuanto a los sectores que son relevantes desde la perspectiva de las emisiones que su producción arrastra de otros sectores, es muy destacable el hecho de que cinco de los nueve sectores son sectores de servicios. Estos servicios podrían haber pasado desapercibidos si nos hubiéramos fijado únicamente en las emisiones directas. Nuestro método identifica todas las emisiones de GEI que fueron necesarias para hacer posible su producción, destacando a estos sectores muy por encima de lo que indicaría la observación de sus emisiones directas. La importancia de estos servicios en inducir emisiones descarta la visión de los servicios como sectores limpios o inmateriales, ya que su producción requiere de un consumo de energía y emisiones asociadas significativas, así como infraestructuras materiales. En Alcántara y Padilla (2009)

ya se destaca la relevancia de las actividades de servicios para la emisión de CO₂ en España. Como se señaló en la Tabla 3, las medidas orientadas a mejorar la eficiencia en el uso de insumos intensivos en la emisión —reduciendo, por tanto, su demanda— serían convenientes. Entre los principales objetivos del PNIEC está conseguir una mejora en un 39,5% en la eficiencia en 2020–2030 (MITECO, 2021), mediante una serie de medidas que lleven a reducir la demanda energética y las emisiones asociadas. Esto sería muy relevante en el caso del uso de electricidad por parte de los sectores de servicios, lo cual requiere mejorar la eficiencia en el uso de energía en edificios para iluminación, calefacción y refrigeración. El PNIEC planea 1.378,9 Ktep de ahorro de energía en 2020–2030 con medidas de eficiencia energética en edificios en el sector terciario y 3.350,4 ahorros de energía en medidas de eficiencia energética en equipos de refrigeración y grandes instalaciones de climatización en el sector terciario e infraestructuras públicas (MITECO, 2021). La sustitución de insumos por otros menos intensivos en carbono también sería efectiva en estos sectores. Esto sería muy relevante en el sector de la construcción, que induce buena parte de las emisiones del sector de Fabricación de otros productos minerales no metálicos, entre otros (Alcántara y Padilla, 2021). Algunas políticas efectivas podrían ser el requisito de proveer información del contenido de carbono de los materiales a los sectores proveedores, o incentivar la sustitución por materiales más bajos en carbono (Acquaye y Duffy, 2010; Piaggio *et al.*, 2014). En el caso del sector más importante, Productos alimenticios, bebidas y tabaco, una política complementaria puede ser el etiquetaje verde o ecológico que siga un proceso adecuado de certificación, de forma que se ofrezca mejor información a los clientes que puedan orientar sus elecciones a productos menos carbono intensivos. Las campañas y medidas para reducir el despilfarro alimentario también pueden tener un impacto en un sector que destaca también por el impacto de su demanda final.

También son de servicios uno de los tres sectores clave, Transporte terrestre, y el único que solo destaca por su demanda propia, Transporte aéreo, aunque estos sí que se tienen en cuenta habitualmente, dadas las importantes emisiones directas que generan. El sector del transporte aéreo ha experimentado un gran aumento de emisiones durante las últimas décadas, incluso a pesar de su incorporación al sistema de comercio de emisiones en 2012. Es de esperar que el fin de la distribución gratuita de derechos y el endurecimiento del sistema de comercio de emisiones, puedan afectar tanto la demanda del sector como su intensidad de carbono.

Por supuesto, nuestro análisis tiene algunas limitaciones, al enfocarse en las relaciones intersectoriales y no entrar en profundidad en el mayor o menor impacto social y económico de las diferentes medidas, lo que requeriría de análisis adicionales para cada caso y tipo de política. En cualquier caso, las medidas sectoriales indicadas serán mucho más efectivas si se aplica una política adecuada de poner precio al carbono (mediante impuestos o sistema de comercio de emisiones) que facilite la introducción de los cambios que se intentan inducir donde resulte más eficiente y efectivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos los comentarios y sugerencias de mejora por parte de dos revisores anónimos. Una versión previa de este trabajo fue presentada en las XVIII Jornadas de Economía Crítica que tuvieron lugar en Cuenca el 8 y 9 de septiembre de 2022. Los autores reconocen el apoyo financiero del proyecto PID2021-126295OB-I00 (Ministerio de Ciencia e Innovación).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acquaye, Adolf A.; Duffy, Aidan P. (2010): "Input-output analysis of Irish construction sector greenhouse gas emissions", *Building and Environment* 45(3), 784-791.

Alcántara, Vicent; Padilla, Emilio (2009): "Input-output subsystems and pollution: An application to the service sector and CO₂ emissions in Spain", *Ecological Economics* 68, 905-914.

Alcántara, Vicent; Padilla, Emilio (2020): "Key sectors in greenhouse gas emissions in Spain. An alternative input-output analysis", *Journal of Industrial Ecology* 24(3), 577-588.

Alcántara, Vicent; Padilla, Emilio (2021): "CO₂ emissions of the construction sector in Spain during the real estate boom: input-output subsystem analysis and decomposition", *Journal of Industrial Ecology*, 25(5), 1272-1283.

Baranzini, Andrea; van den Bergh, Jeroen; Carattini, Stefano; Howarth, Richard; Padilla, Emilio; Roca, Jordi (2017): "Seven reasons to use carbon pricing in climate policy", *WIREs Climate Change* 8(4), 1-17.

Comisión Europea (2021): "'Objetivo 55": cumplimiento del objetivo climático de la UE para 2030 en el camino hacia la neutralidad climática", Bruselas, 14.7.2021 COM(2021) 550 final, disponible en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=EN>

Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) (2022): Detailed data by party. Disponible en: https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party (acceso 17 de enero de 2022)

Heimler, Alberto (1991): "Linkages and vertical integration in the Chinese economy", *Review of Economics and Statistics* 73, 261-267

Hewings, Geoffrey J.D. (1982): "The empirical identification of key sectors in an economy: A regional perspective", *The Developing Economies* 20 (2), 173-195.

Hirschman, Albert O. (1958): *The Strategy of Economic Development*. Yale University Press, New Haven, CT.

Hubacek, Klaus, Feng, Kuishuang (2023): "Environmentally extended multi-region input-output analysis", en Padilla Rosa, Emilio; Ramos-Martín, Jesús. (2023) *Elgar Encyclopedia of Ecological Economics*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, R.U. y Northampton, Massachusetts, EE.UU., pp. 259-264.

Karunaratne, Neil D. (1976): "Quantification of Sectoral Developments Prospects in Papua New Guinea Using Tinbergen and Rasmussen Criteria", *The Developing Economies* 14(3):280-305.

Leontief, Wassily W. (1936): "Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States", *The Review of Economics and Statistics* 18, 105-125.

Milana, Carlo (1985): "Direct and indirect requirements for gross output in input-output analysis", *Metroeconomica* 37, 283-292.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2021): Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC), Boletín oficial del estado, nº 77, Sec. III. Pág. 36797.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) (2022): *España, Informe Inventarios GEI 1990-2020* (Edición 2022)

OCDE (2021a): Input-Output Tables (IOTs) 2021 ed. Disponible en: <https://data.oecd.org/> (acceso 17 de enero de 2022)

OCDE (2021b): Air Emission Accounts. Disponible en: <https://data.oecd.org/> (acceso 27 de enero de 2022)

Peters, Glen P. (2008) "From production-based to consumption-based national emission inventories", *Ecological Economics*, 65(1), 13–23.

Piaggio, Matías; Alcántara, Vicent; Padilla, Emilio (2014): "Greenhouse gas emissions and economic structure in Uruguay", *Economic Systems Research* 26, 155-176.

Rasmussen, Poul N. (1956) *Studies in Inter-sectorial Relation*. North-Holland Publishing Company.

Sonis, Michael, Guilhoto, Joaquim, J.M.; Hewings, Geogrey. J.D.; Martins, Eduardo B. (1995): "Linkages, key sectors, and structural change: Some new perspectives", *The Developing Economies*, 33(3), 243-246.

Anexo I. Emisiones de GEI por tipo de impacto (Kt) y % sobre las emisiones, 2018

| Código CIU rev 4 | | Emisiones propia demanda (Kt) | | | Emisiones de encad. atrás (BL) (Kt) | | | Emisiones de encad. adelante (FL) (Kt) | | |
|---------------------|--|-------------------------------|---------------|------|-------------------------------------|------|---------------|--|------|-------|
| | | % | $\mu_{D,i}^*$ | % | $\mu_{B,j}^*$ | % | $\mu_{F,j}^*$ | | | |
| 01T02 | Agricultura, caza, silvicultura | 24.955,4 | 17,1 | 7,18 | 3.059,0 | 2,4 | 1,00 | 25.372,6 | 19,7 | 8,26 |
| D05T09 | Minas y canteras | 640,0 | 0,4 | 0,18 | 571,8 | 0,4 | 0,19 | 862,5 | 0,7 | 0,28 |
| 10T12 | Productos alimenticios, bebidas y tabaco | 4.400,3 | 3,0 | 1,27 | 27.051,5 | 21,0 | 8,80 | 1.957,4 | 1,5 | 0,64 |
| 13T15 | Textiles, productos textiles, cuero y calzado | 468,0 | 0,3 | 0,13 | 1.196,7 | 0,9 | 0,39 | 63,1 | 0,0 | 0,02 |
| 16 | Madera y productos de madera y corcho | 174,0 | 0,1 | 0,05 | 714,1 | 0,6 | 0,23 | 265,9 | 0,2 | 0,09 |
| 17T18 | Productos de papel e imprenta | 2.052,5 | 1,4 | 0,59 | 1.888,6 | 1,5 | 0,61 | 2.765,7 | 2,1 | 0,90 |
| 19 | Coque y productos refinados del petróleo | 11.961,0 | 8,2 | 3,44 | 3.065,9 | 2,4 | 1,00 | 4.746,9 | 3,7 | 1,54 |
| 20 | Química y productos químicos | 9.828,7 | 6,7 | 2,83 | 4.707,0 | 3,6 | 1,53 | 4.935,7 | 3,8 | 1,61 |
| 21 | Productos farmacéuticos, químicos medicinales y botánicos | 769,2 | 0,5 | 0,22 | 1.132,5 | 0,9 | 0,37 | 182,3 | 0,1 | 0,06 |
| 22 | Productos de caucho y plástico | 335,0 | 0,2 | 0,10 | 2.086,3 | 1,6 | 0,68 | 325,5 | 0,3 | 0,11 |
| 23 | Otros productos minerales no metálicos | 9.479,9 | 6,5 | 2,73 | 2.620,4 | 2,0 | 0,85 | 15.078,5 | 11,7 | 4,91 |
| 24 | Metales básicos | 5.466,1 | 3,7 | 1,57 | 6.130,9 | 4,7 | 1,99 | 5.387,0 | 4,2 | 1,75 |
| 25 | Productos fabricados de metal | 172,7 | 0,1 | 0,05 | 3.931,5 | 3,0 | 1,28 | 231,7 | 0,2 | 0,08 |
| 26 | Equipos informáticos, electrónicos y ópticos | 22,6 | 0,0 | 0,01 | 183,5 | 0,1 | 0,06 | 6,1 | 0,0 | 0,00 |
| 27 | Equipamiento eléctrico | 146,7 | 0,1 | 0,04 | 1.669,7 | 1,3 | 0,54 | 66,6 | 0,1 | 0,02 |
| 28 | Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p. | 915,6 | 0,6 | 0,26 | 1.437,4 | 1,1 | 0,47 | 327,1 | 0,3 | 0,11 |
| 29 | Vehículos de motor, remolques y semirremolques | 747,2 | 0,5 | 0,21 | 4.204,5 | 3,3 | 1,37 | 69,2 | 0,1 | 0,02 |
| 30 | Otros equipos de transporte | 163,6 | 0,1 | 0,05 | 640,6 | 0,5 | 0,21 | 33,7 | 0,0 | 0,01 |
| 31T33 | Fabricación ncop; reparación e instalación de maquinaria y equipo | 195,2 | 0,1 | 0,06 | 1.258,6 | 1,0 | 0,41 | 127,8 | 0,1 | 0,04 |
| 35 | Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado | 21.209,2 | 14,5 | 6,10 | 2.015,7 | 1,6 | 0,66 | 38.012,7 | 29,4 | 12,37 |
| 36T39 | Suministro de agua; evacuación de aguas residuales, gestión de desechos y descontaminación | 6.439,1 | 4,4 | 1,85 | 1.475,3 | 1,1 | 0,48 | 7.573,0 | 5,9 | 2,46 |
| 41T43 | Construcción | 2.518,4 | 1,7 | 0,72 | 11.440,7 | 8,9 | 3,72 | 669,6 | 0,5 | 0,22 |
| 45T47 | Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor | 2.409,2 | 1,7 | 0,69 | 9.852,0 | 7,6 | 3,21 | 1.529,6 | 1,2 | 0,50 |
| 49 | Transporte terrestre y transporte por tuberías | 18.094,4 | 12,4 | 5,21 | 4.449,7 | 3,4 | 1,45 | 11.452,9 | 8,9 | 3,73 |
| 50 | Transporte acuático | 1.983,8 | 1,4 | 0,57 | 121,0 | 0,1 | 0,04 | 1.202,6 | 0,9 | 0,39 |
| 51 | Transporte aéreo | 8.859,8 | 6,1 | 2,55 | 1.375,0 | 1,1 | 0,45 | 2.649,5 | 2,1 | 0,86 |
| 52 | Almacenamiento y actividades soporte al transporte | 425,9 | 0,3 | 0,12 | 3.566,2 | 2,8 | 1,16 | 609,3 | 0,5 | 0,20 |
| 53 | Actividades postales y de mensajería | 5,8 | 0,0 | 0,00 | 234,3 | 0,2 | 0,08 | 55,0 | 0,0 | 0,02 |
| 55T56 | Actividades de alojamiento y servicio de comidas | 2.611,6 | 1,8 | 0,75 | 6.118,3 | 4,7 | 1,99 | 374,5 | 0,3 | 0,12 |
| 58T60 | Actividades editoriales, audiovisuales y de radiodifusión | 69,2 | 0,0 | 0,02 | 583,7 | 0,5 | 0,19 | 35,1 | 0,0 | 0,01 |
| 61 | Telecomunicaciones | 58,0 | 0,0 | 0,02 | 1.980,3 | 1,5 | 0,64 | 43,1 | 0,0 | 0,01 |
| 62T63 | TI y otros servicios de información | 69,6 | 0,0 | 0,02 | 1.047,0 | 0,8 | 0,34 | 8,5 | 0,0 | 0,00 |
| 64T66 | Actividades financieras y de seguros | 136,5 | 0,1 | 0,04 | 687,4 | 0,5 | 0,22 | 134,2 | 0,1 | 0,04 |
| 68 | Actividades inmobiliarias | 351,0 | 0,2 | 0,10 | 1.471,8 | 1,1 | 0,48 | 94,4 | 0,1 | 0,03 |
| 69T75 | Actividades profesionales, científicas y técnicas | 209,0 | 0,1 | 0,06 | 2.626,2 | 2,0 | 0,85 | 280,3 | 0,2 | 0,09 |

Vicent Alcántara Escolano y Emilio Padilla Rosa

| | | | | | | | | | | |
|-------|---|-----------|-------|------|-----------|-------|------|-----------|-------|------|
| 77T82 | Actividades de servicios administrativos y de apoyo | 152,0 | 0,1 | 0,04 | 2.412,1 | 1,9 | 0,78 | 369,5 | 0,3 | 0,12 |
| 84 | Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria | 4.281,2 | 2,9 | 1,23 | 3.315,5 | 2,6 | 1,08 | 577,0 | 0,4 | 0,19 |
| 85 | Enseñanza | 605,7 | 0,4 | 0,17 | 1.315,4 | 1,0 | 0,43 | 57,7 | 0,0 | 0,02 |
| 86T88 | Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social | 1.193,1 | 0,8 | 0,34 | 3.272,0 | 2,5 | 1,06 | 70,7 | 0,1 | 0,02 |
| 90T93 | Actividades artísticas, de entretenimiento y recreativas | 442,1 | 0,3 | 0,13 | 1.387,7 | 1,1 | 0,45 | 102,9 | 0,1 | 0,03 |
| 94T96 | Otras actividades de servicios | 975,6 | 0,7 | 0,28 | 792,7 | 0,6 | 0,26 | 383,1 | 0,3 | 0,12 |
| 97T98 | Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| | Total | 145.993,9 | 100,0 | | 129.090,5 | 100,0 | | 129.090,5 | 100,0 | |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de OCDE (2021a, 2001b) y el cálculo de las expresiones (9) a (11).

SOBRE LOS AUTORES / ABOUT THE AUTHORS

Vicent Alcántara Escolano es profesor honorario en el Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona. Es experto en economía ecológica y contabilidad ambiental, teniendo una amplia experiencia en la aplicación del análisis input-output extendido ambientalmente. Ha publicado numerosos artículos, libros y capítulos de libro. Entre los libros destaca *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*, editado junto a Federico Aguilera Klink.

Emilio Padilla Rosa es catedrático en el Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Autónoma de Barcelona. Es experto en economía ecológica y ha centrado su análisis en la relación de la actividad y la estructura económica con las presiones ambientales. Ha publicado numerosos artículos y capítulos de libro. Destaca la reciente publicación de *Elgar Encyclopedia of Ecological Economics*, editado junto a Jesús Ramos Martín.