

MEMORIA DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

Emisiones contaminantes y estructura productiva. Un análisis descriptivo – comparativo sobre las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por los sectores económicos de algunos países de la UE para 2015 mediante la metodología input – output.

Pollutant emissions and productive structure. A descriptive – comparative analysis of greenhouse gas emissions originated by the economic sectors of some EU countries for 2015 using the input – output methodology.

Autora:

Yoselin Díaz Mendoza

Grado en Economía
2019-2020

Tutor:

Pedro Gutiérrez Hernández

Facultad de Economía, Empresa y Turismo

Septiembre, 2020

RESUMEN: El cambio climático es uno de los mayores problemas medioambientales al que nos enfrentamos en pleno siglo XXI. El objetivo de esta memoria es el de realizar un análisis descriptivo – comparativo mediante el modelo input – output propuesto por Leontief para los sectores económicos de algunos países de la UE-27 con las tablas simétricas disponibles hasta 2015 del Eurostat, y conocer cuáles son los que contribuyen a la generación de mayores emisiones de sustancias contaminantes, como son los gases de efecto invernadero en su conjunto, y sus principales componentes (dióxido de carbono, metano y óxido nitroso), tanto de forma directa como indirecta sobre la economía de cada uno de los países.

Palabras clave: contaminación ambiental, gases de efecto invernadero, sectores económicos, análisis input – output, emisiones contaminantes, Unión Europea.

ABSTRACT: Climate change is one of the biggest environmental problems we face in the XXI century. The objective of this report is to carry out a descriptive - comparative analysis using the input - output model proposed by Leontief for the economic sectors of some EU-27 countries with the symmetric tables available up to 2015 from Eurostat, and to know which are the that contribute to the generation of greater emissions of polluting substances, such as greenhouse gases as a whole, and their main components (carbon dioxide, methane and nitrous oxide), both directly and indirectly on the economy of each one of the countries.

Key words: environmental pollution, greenhouse gases, economic sectors, input – output analysis, polluting emissions, European Union.

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ALGUNOS CONCEPTOS E INTERRELACIONES INTRODUCTORIOS	6
2.1. DESCARBONIZACIÓN DE LA ECONOMÍA	7
2.2. PRINCIPALES CONTRIBUCIONES INSTITUCIONALES AL PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL	9
2.2.1. Propuesta de las Naciones Unidas sobre medioambiente	10
2.2.2. Propuesta de la Unión Europea: La Ley del Clima Europeo	12
3. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS INPUT – OUTPUT	14
3.1. AGREGACIÓN RAMAS DE ACTIVIDAD	14
3.2. ANÁLISIS INPUT – OUTPUT SIMPLE	16
3.3. ANÁLISIS INPUT – OUTPUT AMPLIADO PARA EL MEDIOAMBIENTE .	18
4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO – COMPARATIVO PARA DISTINTOS PAÍSES DE LA UE	20
4.1. ANÁLISIS DE LOS COEFICIENTES DE EMISIONES DIRECTAS Y TOTALES POR PAÍSES	20
4.2. LAS EMISIONES GENERADAS EN CADA PAÍS PARA ATENDER A UNA DEMANDA FINAL HOMÓGENEA	29
5. CONCLUSIONES	32
6. BIBLIOGRAFÍA	35
7. ANEXOS	38

Índice de gráficos

Gráfico 1. Coeficiente de emisiones directas en España (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015	21
Gráfico 2. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en España (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015.....	21
Gráfico 3. Coeficiente de emisiones directas en Francia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015	23
Gráfico 4. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Francia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015.....	23
Gráfico 5. Coeficiente de emisiones directas en Italia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015	24
Gráfico 6. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Italia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015	25
Gráfico 7. Coeficiente de emisiones directas en Croacia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015	26
Gráfico 8. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Croacia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015.....	26
Gráfico 9. Coeficiente de emisiones directas en Eslovaquia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015	27
Gráfico 10. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Eslovaquia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015..	27
Gráfico 11. Emisiones de gases de efecto invernadero en el conjunto de la economía de cada país generadas para satisfacer la demanda final de la UE 27. 2015 (índices UE27 =100).....	30
Gráfico 12. Coeficiente de emisiones directas de gases de efecto invernadero por unidad de producto (índice UE27=100).....	31
Gráfico 13. Coeficiente de emisiones totales de gases de efecto invernadero por unidad de demanda final (índice EU27=100).....	32

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de correspondencias entre las ramas utilizadas en el TFG y las ramas de las TIOs de Eurostat	15
Tabla 2. Modelo de emisiones para España 2015.....	38
Tabla 3. Modelo de emisiones para Francia 2015.....	38
Tabla 4. Modelo de emisiones para Italia 2015.....	39
Tabla 5. Modelo de emisiones para Croacia 2015.....	40
Tabla 6. Modelo de emisiones para Eslovaquia 2015	41
Tabla 7. Emisiones totales por países y sectores de gases de efecto invernadero para atender a una demanda final homogénea de la UE27 (índices UE27=100)	41

1. INTRODUCCIÓN

A priori economía y medioambiente parecen dos realidades independientes, sin embargo, el ritmo de desarrollo de las sociedades presentes ha puesto de manifiesto la dependencia de estos dos conceptos. En la actualidad el cambio climático supone uno de los retos más importantes a los que se enfrentan todos los países a nivel mundial ocasionando fenómenos meteorológicos extremos que ponen en riesgo el buen funcionamiento de cualquier sistema económico. Es decir, el desarrollo eficiente y sostenible de una economía depende directamente de nuestras condiciones medioambientales. Científicamente, se ha comprobado la existencia cada vez más de prácticas de consumo y producción insostenibles que generan sustancias contaminantes directamente hacia la atmósfera como los gases de efecto invernadero, el dióxido de carbono, el metano o el óxido nitroso. Además, del cambio climático, la sobreexplotación de los recursos naturales cada vez más escasos y su posterior agotamiento también constituye uno de los mayores desafíos a nivel mundial a los que se enfrentan los estados miembros de la Unión para el mejor funcionamiento de Europa libre de emisiones y con una alta eficiencia energética.

El objetivo de este trabajo de fin de grado es realizar un análisis comparativo sobre las emisiones de gases de efecto invernadero originadas por los sectores económicos de algunos países de la UE para 2015 mediante la metodología input – output. Para alcanzar el objetivo planteado, la estructura organizativa del trabajo se encuentra distribuida en seis capítulos.

El primer capítulo es esta introducción. En el segundo capítulo se trata de contextualizar al lector en el tema del trabajo, para lo cual se exponen brevemente algunos conceptos e interrelaciones entre economía y medioambiente. Dentro de este mismo capítulo se introduce el concepto de `la descarbonización de la economía`. Se trata de un término muy reciente y clave actualmente para conseguir una economía libre de emisiones, ya que hace referencia a una economía baja en combustibles fósiles mediante la sustitución por fuentes energéticas renovables y limpias. Finalmente, en este segundo capítulo, se exponen las contribuciones al problema medioambiental realizadas por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de la Unión Europea en su objetivo de alcanzar un medioambiente sostenible en el horizonte 2030. Además, se exponen los principales objetivos del Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París, la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) así como los propuestos por la política europea.

En el tercer capítulo, se expone brevemente la metodología aplicada en este trabajo. El análisis input – output propuesto por Leontief en 1930 y su posterior ampliación del modelo a aspectos medioambientales nos ha permitido realizar una

investigación para saber qué países son más o menos contaminantes y qué sectores productivos de esos países contribuyen a una mayor cantidad de emisiones contaminantes. La base de datos que se ha tomado en este trabajo han sido las tablas simétricas disponibles en Eurostat para los países de la UE, así como los datos de emisiones publicados por este mismo organismo. Así en el primer apartado se explica cómo hemos agregado las 65 ramas de actividad originales en 12 para trabajar con tablas más reducidas. En el siguiente apartado, se muestra de forma analítica y matricial el modelo básico input – output que se ha tenido en cuenta para el manejo de los datos, y en el último apartado se explica lo mismo para el modelo I-O extendido ambientalmente.

El cuarto capítulo se dedica a la interpretación y análisis de los datos que se muestran en tablas y gráficos para los países de la UE seleccionados. Finalmente, en el quinto y último capítulo se realiza una recapitulación y se exponen las conclusiones sobre los principales resultados, tras lo que se incluye un anexo en el que se aportan diversos datos obtenidos y utilizados en el trabajo-

2. ALGUNOS CONCEPTOS E INTERRELACIONES INTRODUCTORIOS

La sociedad global se ha ido desarrollando a un ritmo cada vez más acelerado sin tener en cuenta los impactos ambientales sobre nuestro modelo económico.

La economía es una ciencia social condicionada por múltiples aspectos no económicos (Pulido, 2008) que, y desde el punto de vista medio ambiental, entiende la actividad económica como un proceso de transformación de los recursos para satisfacer las necesidades de los individuos de los que se deriva la generación de residuos causando impactos medioambientales negativos.

En este sentido, tras la revisión del *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales* se sostiene que la ciencia económica durante gran parte de su historia se ha mantenido al margen de la relación entre economía y medioambiente, pero este ritmo imparable de las sociedades ha supuesto el desarrollo de la economía ambiental como disciplina científica en el ámbito económico ante la preocupación del deterioro medioambiental y cómo esto repercute en el desarrollo de las economías a nivel mundial.

A menudo, se percibe la economía y el medio ambiente como dos realidades aisladas incluso parte de los economistas ignoran el importante papel de la naturaleza en el proceso económico (Georgescu-Roegen, 1971). Sin embargo, durante las últimas décadas, se ha comprobado que se tratan de elementos mutuamente dependientes ya que el buen funcionamiento de un sistema económico depende de una calidad mínima del entorno y del sostenimiento de los ecosistemas. Además, partiendo de la capacidad limitadora del medio ambiente para absorber la contaminación y la escasez de recursos (Kapp, 1976), la economía se encarga de gestionar la disponibilidad limitada de los mismos para lograr un mayor bienestar de las generaciones presentes y futuras.

La importancia de la relación entre economía y medio ambiente durante la última década del siglo XX tiene su origen en la década de los sesenta con numerosas aportaciones entre las que destacan las propuestas por Jevons (1865) y Hotelling (1931) que colocan al medio ambiente en el foco de interés económico planteando la necesidad de estudiar las normas de explotación de los recursos ante la posibilidad del límite al crecimiento económico y el agotamiento de los mismos. Sin embargo, el aumento creciente de la contaminación ambiental no solo se debe a la sobreexplotación de los recursos y la sobreabundancia de emisiones contaminantes si no al alto grado de desarrollo industrial de las economías que ha contribuido a una mayor emisión de sustancias contaminantes desmesuradamente a lo largo de décadas. Esta preocupación se expone en *The Economics of Regional Water Quality Management* (Kneese, 1964).

A partir de la década de los ochenta comienzan a encontrarse las primeras evidencias del aumento de la temperatura global del planeta debido al calentamiento global. Posteriormente, desde 1972 con la Conferencia de las Naciones Unidas considerada el punto de inicio de la política ambiental moderna, se intenta dar una explicación más concreta a los problemas ambientales, así como buscar soluciones conjuntas entre países y organizaciones supranacionales para resolver el problema fundamental que constituye la contaminación.

Por otra parte, en la obra *The Economics of Welfare* de Pigou (1920) y *The Problem of Social Cost* de Coase (1960) ambos economistas neoclásicos proponen una respuesta al considerarse que la contaminación constituye un fallo de mercado donde el medioambiente es un bien público. Las externalidades negativas son los efectos de los individuos que constituyen un coste para el resto de la sociedad y el medio ambiente, es decir, las prácticas de producción insostenible por parte de las empresas y las actividades realizadas por los humanos para incrementar su bienestar contribuyen al aumento de la contaminación. Además, el medioambiente es un bien público ya que tiene dos características principales: no rivalidad y no exclusión, es decir, satisface las distintas necesidades de los individuos sin excluir a nadie.

En apartados posteriores se tratará de justificar con mayor precisión el gran problema que constituye actualmente el medio ambiente para la economía, así como las propuestas que se están llevando a cabo a nivel mundial para frenar este fenómeno.

2.1. DESCARBONIZACIÓN DE LA ECONOMÍA

La descarbonización de la economía ha constituido uno de los retos más importante del siglo XXI siendo una prioridad en materia económica y ambiental liderada por la Unión Europea (Deloitte, 2016). Este tema surge dada la evidencia científica que demuestra la alteración del clima como un problema presente con graves repercusiones

en el futuro, incluso con efectos mayores de los pronosticados por los científicos a nivel mundial.

El nivel de daños del cambio climático, el aumento de la temperatura global, los desastres naturales, la elevación del nivel del mar, las sequías, la desertificación, la degradación del suelo, la escasez de agua dulce, la pérdida de la biodiversidad, los movimientos y desplazamientos de las personas, entre otras causas han llevado al planeta a posicionarse en un punto de alerta máxima en la senda de un calentamiento global donde reducir las emisiones de todo tipo de contaminantes, sobre todo de los gases de efecto invernadero, se ha convertido en una labor urgente ya que de no ser así nos enfrentaríamos a consecuencias mucho más devastadoras de las que se observan actualmente (Comisión Europea, 2020)

A pesar de que el término 'descarbonizar la economía' es recientemente nuevo, se refiere a una economía baja en carbono o una economía baja en combustibles fósiles, mediante un proceso de transición de una economía o un modelo energético y productivo intensivo en el uso de combustibles fósiles hacia otro bajo en consumo fósil de forma que las emisiones de gases de efecto invernadero se reduzcan hasta alcanzar una huella de carbono cero. De esta forma, la UE propone la aplicación mundial de la economía baja en carbono como medio para evitar un cambio climático catastrófico mediante una economía basada en energías con fuentes renovables y limpias.

Es evidente que nos encontramos en un sistema económico actual basado en el uso intensivo de combustibles fósiles que, además de tener un gran impacto sobre el clima y la destrucción de la naturaleza, supone la gran dependencia de fuentes energéticas que se enfrentan a un declive global en las próximas décadas (como, por ejemplo, el petróleo). Por ello, descarbonizar y relanzar la economía hacia otro tipo de fuentes energéticas es fundamental para enfrentar el impacto del cambio climático y/o el desabastecimiento energético (Comisión Europea, 2018).

Los objetivos en los que se centra este proceso no solo es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero si no también, la reconversión de muchos sectores en prácticas sostenibles. Para ello, la UE propone dos alternativas que debieran darse conjuntamente: por un lado, la sustitución de combustibles fósiles por las energías renovables, lo que además de la sostenibilidad y estabilidad del planeta, supondrá evitar pérdidas de vida por problemas de salud, una mayor diversidad así como una calidad de vida superior, y en términos de innovación implicaría la creación de empleos de calidad; y por otro lado, la organización de los recursos disponibles de la forma más eficiente posible a través de la generación de una red eléctrica libre de emisiones, la electrificación de todos los sectores económicos o aumentando el ahorro y la eficiencia energética.

La situación de emergencia climática en la que se han visto inmersos numerosos países ha supuesto una reformulación de sus estrategias para adaptarse a los objetivos a nivel planetario. En este sentido, la descarbonización ha sido una tarea a la que muchos países se han comprometido teniendo en cuenta estos efectos sobre sus sectores económicos. De forma que cada país ha tenido que adaptar su estructura productiva a las nuevas demandas de un mundo más sustentable y sostenible que suponen transformaciones a corto y medio plazo con repercusiones a largo plazo (Naciones Unidas, 2015). Además, existe una gran insistencia por parte de los organismos internacionales en que, aunque se trata de actuaciones en el plano regional de cada país, verdaderamente, es una contribución a nivel mundial que se exponen en capítulos posteriores.

Así mismo, no se trata de un problema que solo está afectando a los grandes países desarrollados. También, países en desarrollo se están enfrentando a este gran reto con grandes progresos, aunque siguen existiendo zonas en el mundo con niveles de emisiones muy altas y preocupantes. Por el contrario, en Europa, países como Alemania, Francia, Inglaterra o los países escandinavos son los que están tomando el liderazgo; o el caso de La India, en el que el incremento de las energías renovables está contribuyendo a la erradicación de la pobreza. Para controlarlo la UE obliga a los países a presentar planes de energía y clima tal y como se establece en la modificación de la Propuesta de la Comisión Europea de 2017.

Cabe destacar que el *Banco de Desarrollo de América Latina* propone que para alcanzar un modelo energético descarbonizado y sostenible a nivel mundial, la clave está en la aplicación de las tres D: descarbonizar, digitalizar y descentralizar de modo que consumidores y productores operen en el mercado de una forma más respetuosa con el medioambiente, fomentando la sostenibilidad de su actividad económica y creando nuevas formas de movilidad más sostenibles a través del I+D+i. De esta forma, los usuarios pueden acceder a bienes y servicios a distancia sin necesidad de desplazamiento o, por ejemplo, tele trabajar.

Por último, la descarbonización es necesaria para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como las propuestas planteadas tanto por las Naciones Unidas como por la Unión Europea que comentaremos en apartados posteriores.

2.2. PRINCIPALES CONTRIBUCIONES INSTITUCIONALES AL PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL

En este apartado se tratan de abordar las contribuciones más importantes que se han realizado para paliar las graves consecuencias medioambientales sobre nuestro modelo económico y social a nivel mundial. En los dos capítulos siguientes se han seguido las propuestas y razonamientos recogidas en los documentos de la Asamblea de las Naciones Unidas, en el proyecto propuesto por la Asamblea General de las Naciones

Unidas para “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” (2015) así como en base al informe *Sustainable development in the European Union Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context* en la edición del 2020; mientras que las propuestas de la Unión Europea expuestas se basan en la “Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática” por la Comisión Europea en 2020 así como en el “Documento de Reflexión para una Europa Sostenible de aquí a 2030” de 2019.

2.2.1. Propuesta de las Naciones Unidas sobre medioambiente

A partir de los años noventa se iniciaron las primeras negociaciones internacionalmente para poner fin al problema del cambio climático y el calentamiento global. La necesidad de establecer un marco regulador, los plazos y los límites de actuación de los países dieron lugar a la firma del Protocolo de Kioto, cuyo objetivo se centraba en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante leyes y políticas con un mayor control y con el compromiso de los países participantes de reducir el 5% de sus emisiones con respecto a los niveles alcanzados en 1990.

Sin embargo, el protocolo de Kioto no es el único acuerdo que se ha hecho para frenar el cambio climático. El Acuerdo de París sobre el Cambio Climático, considerado el primer programa de actuación medioambiental, también aborda este tema, aunque desde otra perspectiva. Los tres principales objetivos que se establecen en este Acuerdo para alcanzar la neutralidad climática a finales de siglo son:

- Mantener el calentamiento global por debajo de los 2°C sobre los niveles preindustriales.
- Mejorar la capacidad de adaptación de los países ante el cambio climático, así como construir sociedades resilientes que puedan resistir a estos efectos.
- La transición hacia economías bajas en carbono con un desarrollo sostenible.

Por otra parte, el ‘Desarrollo Sostenible’ ha sido un concepto con gran importancia, ya que desde las Naciones Unidas se ha intentado alcanzar un crecimiento económico viable sin perjuicios para las generaciones presentes y sin agotar la disponibilidad de los recursos para las generaciones futuras.

En 2015 las Naciones Unidas crearon la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Este nuevo paradigma es una guía de desarrollo global integrada por tres pilares de desarrollo: económico, social y medioambiental. A su vez es un “plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad” (Naciones Unidas, 2015) que incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dirigidos a mejorar los numerosos problemas a nivel mundial, entre los que se encuentran la defensa del medio ambiente, la lucha contra el cambio climático y la mejora de nuestras economías.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados en la Agenda 2030 son los siguientes:

- Objetivo 1.** Poner fin a la pobreza en todas sus formas del mundo.
- Objetivo 2.** Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- Objetivo 3.** Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.
- Objetivo 4.** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.
- Objetivo 5.** Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
- Objetivo 6.** Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7.** Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 8.** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 9.** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 10.** Reducir la desigualdad en y entre los países.
- Objetivo 11.** Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 12.** Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo 13.** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Objetivo 14.** Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Objetivo 15.** Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica.
- Objetivo 16.** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsable e inclusivas a todos los niveles.
- Objetivo 17.** Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

En este sentido, cabe destacar que, aunque no todos los objetivos estén directamente relacionados con el tema tratado en este trabajo, están dirigidos a mejorar la situación del mundo actual ofreciendo mayores posibilidades económicas, sociales y medioambientales.

Los ODS reemplazan a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) impulsados por las Naciones Unidas en el año 2000. Estos primeros objetivos planteados, solo se aplican a países en vías de desarrollo y aunque con los ODM se han logrado grandes avances, han sido insuficientes dado el ritmo de vida de la sociedad actual y las formas de producción y consumo insostenibles. Es por ello, que se han establecido nuevos objetivos que abarcan un mayor abanico y, además, a diferencia de los ODM, los ODS tienen un alcance mayor ya que se aplican a todos los países del mundo.

Esta es otra de las cuestiones en la que se insiste desde la ONU. La Agenda 2030 es de carácter universal, de forma que se crea una alianza entre todos los países del mundo con la misma participación en la consecución de los objetivos considerándose las diferencias, los niveles de desarrollo y las prioridades específicas a las que se enfrentan cada uno de los países. También, se hace especial referencia a los países en vías de desarrollo y a los menos desarrollados que requieren de una atención especial. Generalmente, los países menos desarrollados tienen menor intensidad energética debido a que cuentan con sectores poco intensivos en el uso energético mientras que cuanto más se desarrollen los países, las actividades económicas intensivas en el uso de energía tendrán un mayor peso.

Además, los ODS no solo son aplicables al marco institucional de cada país, ya que se trata de un compromiso que también incluye a consumidores, sector privado, sector empresarial, etc. Cada vez existe un mayor número de empresas que consideran los Objetivos de Desarrollo Sostenible en su labor y compromiso con el medio ambiente lo que les permite adaptarse a las nuevas exigencias del mercado y lograr un mayor crecimiento y competitividad.

Ante esta situación, Europa no se ha quedado al margen en el debate medioambiental y aunque los estados miembros de la Unión han participado en lo establecido en el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París y en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles, también la UE ha creado actuaciones propias para hacer frente a este desafío tan urgente tal y como se expondrá en el siguiente apartado.

2.2.2. Propuesta de la Unión Europea: La Ley del Clima Europeo

Durante las últimas décadas, la degradación del medioambiente también ha supuesto una grave amenaza para la Unión Europea y para el sostenimiento de sus estados miembros. Científicamente se estima que las cantidades de residuos en Europa aumentan cada vez más por ello, algunos expertos se refieren a este nuevo fenómeno que esta azotando a la supervivencia y estabilidad del planeta como la cuarta revolución industrial.

Además, la última década del siglo XX se registró con las mayores temperaturas alcanzadas en Europa y a este ritmo, se estima un aumento mayor en la temperatura del planeta para 2100. El clima es un fenómeno cíclico que está rozando sus extremos. Un

ejemplo de esta consecuencia es que existen regiones con varios años seguidos de sequía en las que de repente llueve en verano; o el caso de regiones del norte de Europa que se enfrentan a fuertes inundaciones durante los inviernos mientras que las regiones del sur se encuentran desérticas.

La política energética europea se articula en tres objetivos principales:

- **Sostenibilidad**, frenando el cambio climático a través de fuentes de energías renovables.
- **Competitividad**, mejorando el desarrollo del mercado energético interior de la Unión.
- **Seguridad de abastecimiento**, coordinando la oferta y la demanda energética de la UE internacionalmente.

Sin embargo, los objetivos específicos propuestos por la Unión Europea son:

- Mejorar la calidad del medioambiente.
- La erradicación de las emisiones de CO₂.
- El sostenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad.
- Conseguir una economía eficiente en el uso de los recursos naturales.
- Alcanzar la neutralidad climática para 2050.
- La transición hacia una economía verde.

Cabe destacar que otro de los mayores retos a los que se enfrenta la Unión Europea debido al uso excesivo de los recursos naturales y su agotamiento en los próximos años es la deuda ecológica. Las prácticas de consumo y producción insostenibles que se llevan a cabo por parte de todos los países a nivel mundial por encima de los límites del planeta están amenazando la prosperidad de las generaciones futuras.

La Unión Europea cuenta con una serie de ventajas competitivas que les ha permitido desarrollar algunas de las normas medioambientales más avanzadas para hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro en el horizonte 2050. Recientemente, para alcanzar estos objetivos y transformar a la UE en una sociedad equitativa se ha propuesto un nuevo plan estratégico: *el Pacto Verde Europeo*. Sin embargo, los objetivos plasmados en este nuevo plan de crecimiento añaden un matiz a los planteados inicialmente por la Unión ya que se propone la transición hacia la neutralidad climática de forma irreversible. Es decir, que la estabilidad no se alcance solo para el corto plazo si no que se mantenga más allá de 2050. Esta idea surge debido a que actualmente se están proponiendo alternativas para frenar la contaminación ambiental que, aunque es cierto que la reducen en el corto o medio plazo, son prácticas que en el largo plazo seguirían contribuyendo a este problema. Entonces, más que una solución eficiente es un bucle que nos llevará al mismo punto de partida. Un ejemplo de una solución insostenible en el tiempo es la sustitución de los vehículos de petróleo por los vehículos eléctricos. Existen evidencias que muestran que los vehículos eléctricos

reducen gran parte de la contaminación que generan los de petróleo, pero a su vez se demuestra que esta nueva alternativa también trae una huella de carbono importante por lo que en el largo plazo nos enfrentaríamos al mismo problema.

Otro de los objetivos del pacto es la evaluación de las medidas adoptadas por cada país ya que, al considerarse el cambio climático como un problema transfronterizo, no puede resolverse únicamente mediante medidas nacionales o locales. Al igual que las Naciones Unidas, la UE insiste en que los objetivos sean perseguidos por todos los estados miembros colectivamente teniendo en cuenta las desigualdades territoriales de forma que se alcance la neutralidad climática para todos los sectores económicos de cada uno de ellos. Cabe destacar que en apartados posteriores se estudiará cómo están contribuyendo a la contaminación los sectores económicos de algunos de los países de la Unión Europea y así poder contrastar mejor esta cuestión con datos más actuales y reales.

En conclusión, tanto las Naciones como la Unión Europea han marcado sus propias hojas de rutas para construir economías dinámicas, sostenibles e innovadoras y alcanzar un mundo más integrado en materia de desarrollo sostenible con la erradicación del cambio climático.

3. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS INPUT – OUTPUT

El análisis input – output fue propuesto en los años treinta por Wassily Leontief para analizar las interdependencias existentes entre los sectores de la economía, es decir, trata de explicar cómo las salidas de un sector (outputs) forman parte de las entradas de otro sector (inputs) creándose una interrelación entre ellos (Leontief, 1936). Posteriormente, en los años 70 se amplió el modelo input – output para evaluar la relación entre las actividades económicas y los impactos ambientales, así como la contaminación, tanto directa como indirecta, generada por ciertos niveles de producción y de consumo (Leontief, 1970). Además, de las tablas simétricas utilizadas en este trabajo, existen otros dos tipos de tablas input – output: las tablas de oferta, que incluyen la producción de insumos de cada sector y en el caso medioambiental, trata las emisiones directas al medio ambiente de cada sector; y, las tablas de utilización, que incluyen los productos consumidos y en la ampliación medioambiental se refiere a la extracción de recursos. Actualmente, esta metodología es utilizada por numerosos países para controlar su emisión de gases contaminantes e incidir en las políticas medioambientales.

3.1. AGREGACIÓN RAMAS DE ACTIVIDAD

En este primer apartado se trata la estructura y los elementos del modelo básico input – output expuestos en el texto de Miller y Blair (2009) y en el manual publicado por Eurostat (2008): *Eurostat Manual of Supply, Use and Input – Output Tables*. Posteriormente, en el siguiente apartado se explicará la extensión medioambiental del modelo.

En primer lugar, cabe mencionar que para la parte práctica de este trabajo se tomaron las tablas input – output (TIO) simétricas localizadas en la base de datos de Eurostat y disponibles para el periodo temporal más reciente, en este caso 2015. De las TIOs disponibles, se realizó una selección de los países más y menos contaminantes dentro de la EU-27, teniendo en cuenta la estructura productiva de cada uno de ellos y los datos relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero, que también fueron obtenidas de la misma base de datos, según justificaremos más adelante. Eurostat proporciona TIOs en las que la matriz de transacciones industriales (Z) es una matriz de 65x65, es decir, de 65 ramas de actividad. Con el objetivo de conseguir un número más reducido de estas ramas se realizó una agregación de las mismas, de forma que se pasó de una matriz original de 65x65 a otra de 12x12, es decir, solo con 12 sectores de actividad. Esta agregación se realizó sobre la base de la clasificación de actividades económicas contenida en la Clasificación Europea de Actividades Económicas (NACE) (Eurostat, 2008). Evidentemente, cuanto mayor sea el nivel de desagregación, más relevante será el análisis, pero en este caso, se ha hecho de esta manera para trabajar con matrices más reducidas.

Para la agregación de las 12 ramas de actividad matricialmente se ha seguido el procedimiento propuesto por Miller y Blair (2009, págs. 161-164). Así, la matriz de agregación (S) se presenta como una matriz $k \times n$ de ceros y unos, donde k es el número de sectores de la versión agregada y n es el número de sectores de la versión no agregada. Estos valores se asignan en función de la agregación que se pretenda conseguir. La agregación de ramas utilizadas en este trabajo es la que se recoge en la siguiente tabla, en la que se relacionan con las ramas originales contenidas en las TIOs suministradas por Eurostat y las secciones de la NACE.

Tabla 1. Tabla de correspondencias entre las ramas utilizadas en el TFG y las ramas de las TIOs de Eurostat

Ramas en el TFG	Secciones de la NACE REV. 2	Descripción	RAMAS en TIOs EUROSTAT
1	A	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	1 a 3
2	B	Industrias extractivas	4
3	C	Industria manufacturera	5 a 23
4	D y E	Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado; suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	24, 25, 26
5	F	Construcción	27

6	G, H e I	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas; transporte y almacenamiento; hostelería	28 a 36
7	J	Información y comunicaciones	37 a 40
8	K	Actividades financieras y de seguros	41 a 43
9	L	Actividades inmobiliarias	44, 45
10	M y N	Actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades administrativas y servicios auxiliares	46 a 53
11	O, P y Q	Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria; educación; actividades sanitarias y de servicios sociales	54 a 57
12	R, S, T y U	Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento; otros servicios; actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico; actividades de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio; organismos extraterritoriales	58 a 64

Fuente: elaboración propia.

De manera breve, se comenta a continuación el procedimiento utilizado para la agregación de ramas. Para obtener la nueva matriz de transacciones industriales agregada (Z^*) de orden 12x12 se realiza el siguiente calculo:

$$Z^* = SZS^*$$

Es decir, primero se realiza SZ multiplicando, la matriz de transacciones no agregadas (Z) por la matriz de agregación (S) o matriz de ceros y unos, y el resultado se multiplica por la matriz agregada traspuesta (S^*). Si este proceso se repite para cada país de la UE, Z^* muestra las transacciones entre los sectores dentro de la economía de cada país a nivel agregado.

Simultáneamente, para calcular la matriz de agregación a 12 ramas de la demanda final se aplica la siguiente formula:

$$f^* = Sf$$

donde f^* es la matriz de demanda final agregada que se obtiene como el resultado de multiplicar la matriz de agregación (S) por el vector de demanda final (f) de la TIO original. De esta forma se obtiene una nueva TIO completa agregada a 12 ramas para cada país de la EU-27.

3.2. ANÁLISIS INPUT – OUTPUT SIMPLE

El análisis simple del modelo input – output explica la estructura de una economía, las transacciones económicas entre los diferentes sectores económicos y cómo cada sector

contribuye a la demanda final, formada por los hogares, el gobierno, la inversión y las exportaciones, en la medida que se producen las relaciones interindustriales. En este sentido, la interrelación entre los sectores económicos se origina debido a la interdependencia de un sector con otro, de forma que la producción de un sector no se dirige directamente a la demanda final si no a la demanda intermedia, es decir, a satisfacer la necesidad de productos intermedios del resto de sectores. Además, estas posibles relaciones directas o indirectas que se puedan crear entre sectores generan determinados niveles de contaminación con graves repercusiones medioambientales, que se plantearán en los siguientes apartados.

De esta forma, a partir de la TIO agregada (Z), que indica las ventas realizadas por cada rama productiva al resto de sectores, se continúa el análisis basado en las metodología contenida en el *Manual* de Eurostat (2008) y en Miller y Blair (2009).

Se define una matriz de coeficientes técnicos interior (A) y se calcula el coeficiente técnico de inputs de cada sector, donde las ventas de i a j dependen del output total de j:

$$a_{ij} = X_{ij} / X_j$$

- a_{ij} : es el coeficiente técnico de insumos de bienes y servicios de origen interior
- x_{ij} : inputs intermedios de origen interior del sector i en el sector j
- x_j : output de j

Los coeficientes a_{ij} son los que forman la matriz de coeficientes técnicos (A) o matriz tecnológica de la estructura input – output intermedia. Esos coeficientes a_{ij} se consideran fijos o constantes bajo el supuesto de que cada sector mantiene su estructura de inputs independiente de su nivel de producción.

El sistema de ecuaciones sería el siguiente:

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + X_{1d} &= X_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + X_{2d} &= X_2 \\ a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + X_{3d} &= X_3 \end{aligned}$$

Y en términos matriciales:

$$\begin{aligned} \mathbf{Ax} + \mathbf{y} &= \mathbf{x} \\ \mathbf{x} - \mathbf{Ax} &= \mathbf{y} \\ (\mathbf{I} - \mathbf{A}) \mathbf{x} &= \mathbf{y} \\ \mathbf{x} &= (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \end{aligned}$$

Donde:

- A: matriz de coeficientes técnicos interior que mide las relaciones inter e intra sectoriales de la economía
- x: vector de producciones totales o output
- y: vector de demanda final (exógeno): hogares, gobierno, inversión y exportaciones
- I: matriz unitaria
- $(I - A)^{-1}$: matriz inversa de Leontief, en la que cada elemento de la misma indica la cantidad de output producido por el sector i originado por un aumento unitario de la demanda final del sector j, es decir, expresa los efectos totales, tanto directos como indirectos, de producir una unidad adicional para la demanda final sobre cada sector.

En la expresión final, la inversa se multiplica por la demanda final para obtener los niveles de producción dirigidos a satisfacer esa demanda. En función de la metodología empleada, la matriz A se puede presentar por productos o por industrias. Dado que las TIOs simétricas suministradas por Eurostat se presentan clasificadas por productos, en este trabajo son las que han debido de utilizarse. Además, los modelos IO suponen la existencia de producción homogénea, en la que cada rama productiva produce un determinado producto homogéneo. Según la metodología de la elaboración de las TIOs, el total de recursos (inputs) utilizados en la economía será igual al output total.

3.3. ANÁLISIS INPUT – OUTPUT AMPLIADO PARA EL MEDIOAMBIENTE

El paradigma de crecimiento económico limitado y la incompatibilidad del sistema economía y medioambiental actual ha supuesto el auge de los modelos de insumos y productos ambientalmente extendidos (EEIO). El modelo básico input – output se amplía y permite introducir variables específicas relacionadas con el medioambiente para tratar las emisiones, el uso de recursos naturales, qué sectores tienen un papel más relevante o qué tipo de demanda final conduce a un mayor impacto ambiental. Por ello, en las últimas décadas ha aumentado el número de modelos utilizados en el análisis input – output para estudiar la relación entre economía y medioambiente. Algunas referencias en las que se recogen este tipo de modelos son la que se indican a continuación: Comisión Europea (2006), Kitzes (2013) y Schaffartzik et al. (2014). Por último, cabe mencionar que a principios de los noventa la Oficina Central de Estadísticas de los Países Bajos aportó una metodología más avanzada que trata de explicar la relación entre economía y medioambiente. Estas tablas input – output ampliadas para el medio ambiente se denominaron Matriz de Contabilidad Nacional incluidas las Cuentas Ambientales (NAMEA). En el marco del Eurostat, el “NAMEA – AIR” es una guía de actuación para todos los estados miembros de la Unión Europea ante los impactos medioambientales. Este planteamiento y otros modelos medioambientales similares de input – output se

encuentran explicados con más detalle incluso con la aportación de ejemplos para el caso de Alemania en el documento: *Environmentally extended input – output tables and models for Europe* propuesto por la Comisión Europea (2006).

Como se ha ido explicando las transacciones que se producen entre los sectores de una economía generan relaciones directas e indirectas entre ellos, y a su vez estas relaciones también tienen repercusiones medioambientales de distintas formas. Por ejemplo, la emisión que se genera en la producción de un determinado input para la fabricación de un vehículo es un impacto ascendente o indirecto del producto final mientras que los gases que emiten los consumidores con la quema de gasolina al utilizar ese vehículo son emisiones directas al medioambiente. Por ello, si las ventas de un determinado sector fueran compradas directamente por la demanda final, esta absorbería toda la contaminación generada en la producción de ese producto, siendo la matriz de coeficientes de emisiones o de intensidad directa (B) la ratio entre las emisiones de aire respecto al output.

Por el contrario, si los productos no se venden directamente a la demanda final si no a otros sectores habría que calcular un vector de emisiones totales para analizar cómo se desplazan los impactos ambientales incorporados en los productos de un sector a otro. Así la matriz de coeficientes directos e indirectos es el resultado de multiplicar la matriz de coeficiente de emisiones por la matriz inversa. Este vector de intensidad total expresa la cantidad de emisiones que se genera en la economía para producir un euro de producción destinado a la demanda final. En este sentido, cuanto mayor sean las transacciones de productos intensivos en prácticas insostenibles de producción, mayor será la contaminación que se genere indirectamente para satisfacer la demanda final.

Esta extensión del modelo input – output, sigue la misma lógica que hemos utilizado hasta ahora basada principalmente en el *Manual* de Eurostat (2008) y en Miller y Blair (2009), y, se puede expresar de la siguiente forma matricial:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{B} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{Y}$$

Donde:

- B: vector de coeficientes directos para una variable específica, en este caso, de emisiones
- $\mathbf{B} (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$: matriz-vector de coeficientes totales (efectos directos e indirectos) por unidad de demanda final
- Z: vector de emisiones totales (directas e indirectas) por sectores para satisfacer el vector de demanda final
- Y: matriz de demanda final
- $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$: matriz inversa de Leontief

La matriz Z resultante permite evaluar los efectos totales, tanto directos como indirectos, de las emisiones de los sectores en todas sus etapas de producción.

Por otra parte, los efectos de los impactos ambientales en las economías dependen de su estructura productiva, de la composición de la demanda y, por tanto, de la producción. Es decir, existen países que con el mismo crecimiento económico generan niveles de contaminación mayores porque los impactos contaminantes son muy diferentes para cada sector. Además, como ya se ha comentado, la idea que se persigue con las tablas IO es explicar las transacciones de productos intermedios que realiza un sector con otro creándose una relación de interdependencia.

Así la contaminación generada por la producción de los distintos sectores para satisfacer un vector de demanda final sigue la siguiente forma:

$$C = B \cdot X = B \cdot (I - A)^{-1} Y = B \cdot Y$$

Donde B es el vector de coeficientes directos de emisiones por unidad de producto en cada sector (emisiones, en miles de toneladas equivalentes de CO₂, el producto en millones de euros).

4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO – COMPARATIVO PARA DISTINTOS PAÍSES DE LA UE

En este capítulo se pretende realizar un análisis descriptivo – comparativo entre diversos países de la Unión Europea seleccionados y, para determinados datos, se realizará una comparación con la información referida al conjunto de la UE27, tal y como se mostrará en los próximos subapartados mediante el apoyo de gráficas, así como de las tablas que se aportan en el anexo.

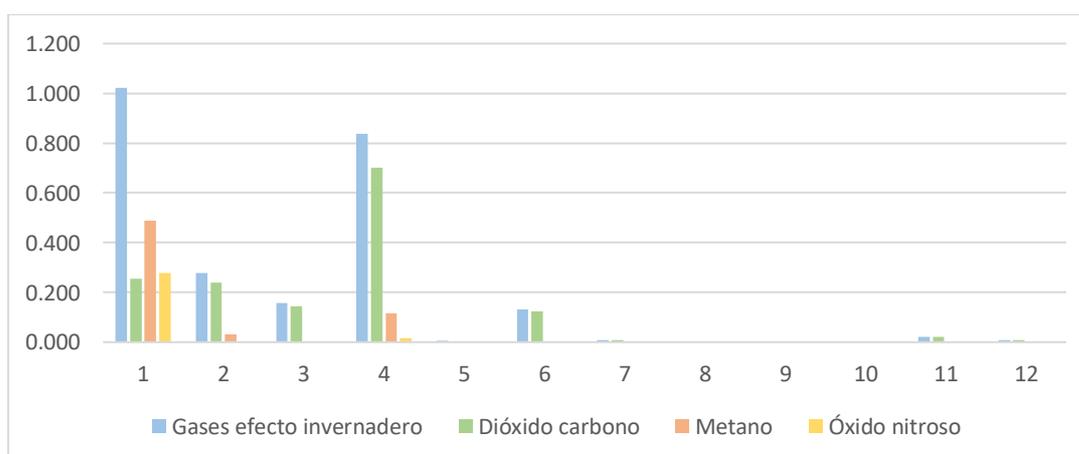
4.1. ANÁLISIS DE LOS COEFICIENTES DE EMISIONES DIRECTAS Y TOTALES POR PAÍSES

En este apartado se explicará de forma más detallada lo que se ha expuesto anteriormente de forma técnica con datos reales para algunos países de la Unión Europea. En este sentido, cabe destacar que Eurostat no dispone de tablas simétricas para todos los países, por lo que de entre los países para los que existían tablas de datos completas finalmente se ha decidido elegir a Francia, Italia, Croacia, Eslovaquia y España. Entre ellos, se ha seleccionado a Italia y Francia como los más contaminantes frente a otros dos países menos contaminantes, como Eslovaquia y Croacia, con objetivo de comparar las emisiones que generan las actividades económicas de cada país y ver cuál contribuye a una mayor contaminación de la UE. Además, también se ha añadido dentro del análisis a España ya que es nuestro país de referencia.

La interdependencia existente en cualquier economía supone que un sector consume o se abastece de los productos intermedios de otro sector para producir un determinado producto dirigido a la demanda final. Estas prácticas de producción generan impactos medioambientales debido a la emisión de determinados contaminantes. Existen múltiples sustancias contaminantes que afectan al medioambiente, sin embargo, en este trabajo se han tomado el conjunto de gases que conforman el grupo de “gases de efecto invernadero” (GHG), así como sus tres componentes más importantes el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), todos ellos en miles de toneladas de CO₂ equivalentes. Además, las emisiones pueden ser directas e indirectas: las directas, como su propio nombre indica, son las que un determinado sector emite directamente por sus propias prácticas de producción; mientras que las indirectas, son aquellas generadas por otros sectores y que se trasladan junto a los productos intermedios utilizados en la producción de un determinado producto.

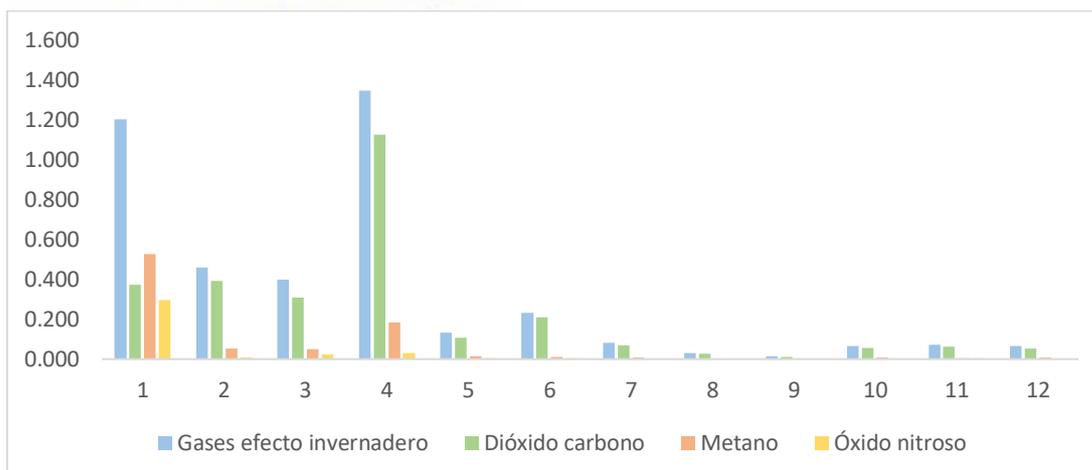
A continuación, se presentan dos gráficos para cada país y para el año 2015: el primero, muestra los coeficientes de emisiones directas por unidad de producto en cada sector (miles de toneladas por cada millón de euros de producción); y el segundo, los coeficientes de emisiones totales (directas e indirectas) por unidad de demanda final en cada sector (miles de toneladas por cada millón de euros de demanda final). En todos los gráficos, los coeficientes de emisiones directas y totales se representan en el eje de ordenadas, mientras que en el eje de abscisas se representan los 12 sectores o ramas de actividad que se utilizan en este trabajo, según la tabla de correspondencias recogida en la Tabla 1: Tabla de correspondencias entre las ramas utilizadas en el TFG y las ramas de las TIOs de Eurostat.

Gráfico 1. Coeficiente de emisiones directas en España (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

Gráfico 2. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en España (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

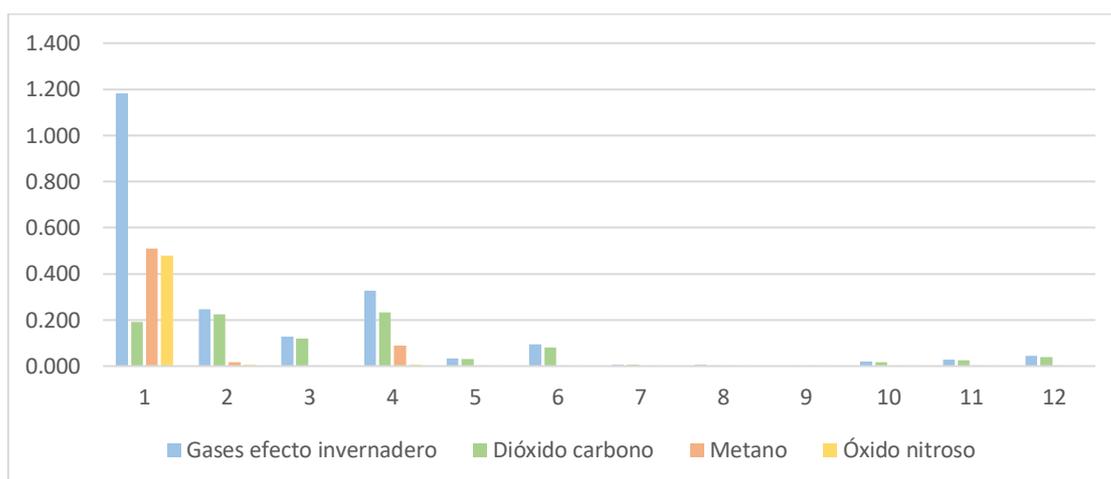
En primer lugar, en el gráfico 1 se muestran los coeficientes de emisiones directas de la economía española, en la que los de gases de efecto invernadero originados por la agricultura son los más elevados (sector 1), tras las que se situarían las del sector eléctrico (sector 4). Exactamente, el sector 1 emite directamente 1,022 miles de toneladas de gases de efecto invernadero y el sector 4 ligeramente por debajo con 0,837. Es decir, que para producir un millón de euros de productos, en el sector 1 se generan 1,022 miles toneladas de gases de efecto invernadero y, 0,837 miles toneladas en el sector 4. El detalle de las emisiones por sectores de los tres componentes más importantes de GHG puede observarse en el gráfico. Además, cabe destacar que en los sectores 8, 9, 10, 11 y 12 la presencia de emisiones directas es muy poco significativa ya que se trata de sectores productores de servicios.

Por otro lado, en el gráfico 2 se representan los coeficientes de emisiones totales, tanto directas como indirectas. Estas emisiones siguen lideradas por el sector 1 y el sector 4 en cuanto a los gases de efecto invernadero, aunque es ahora el sector 4 el que registra las más elevadas. Los sectores productores de servicios presentan ahora emisiones totales superiores a las directas. La interpretación sería que para atender a una unidad, en este caso de un millón de euros de la demanda final el aumento de las emisiones totales respecto a las emisiones directas debido a las indirectas parece lógico, ya que los sectores 8, 9 y 10 para el desarrollo de sus actividades productivas necesitan de insumos de otros sectores de la economía por lo que repercuten más a la contaminación de forma indirecta. De esta forma, es evidente que los datos de las emisiones totales sean superiores a los de las emisiones directas ya que en el primer caso se tiene en cuenta los niveles de contaminación emitidos por la economía en su conjunto mientras que para las directas solo se consideran las emisiones que realiza un sector en el desarrollo de sus actividades.

En el anexo se presentan las tablas de emisiones consideradas en este análisis para cada uno de los países a partir de una serie de cuadros. En la tabla 2 se muestran un conjunto de cuadros relativos a la aplicación del modelo de emisiones para España; así

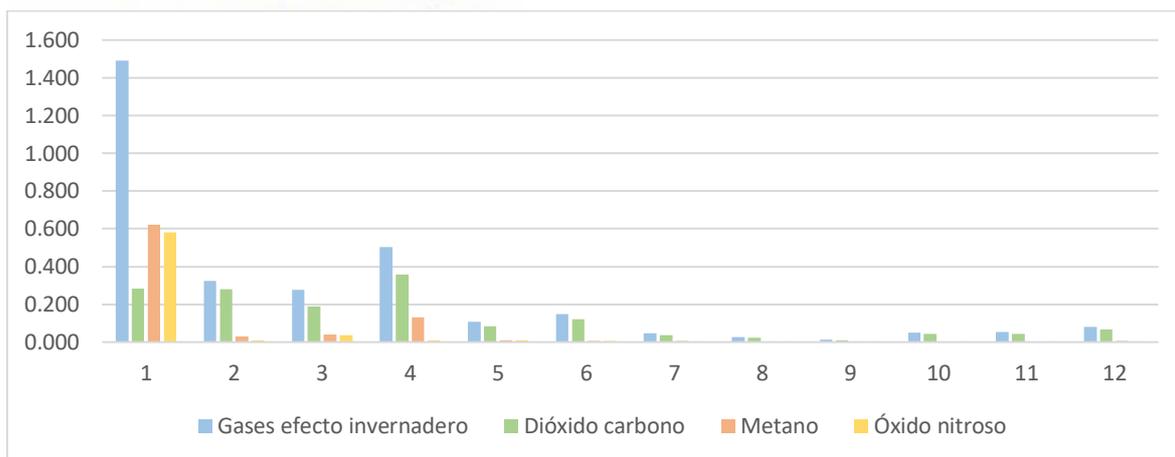
en el primer cuadro “Emisiones directas (miles de toneladas)”, están las emisiones reales de los gases contaminantes por sectores siendo el sector eléctrico el que genera las más elevadas en este nivel de agregación, al ser el responsable de 88.226,6 miles de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, se puede observar que cuando se calculan las emisiones totales generadas en la economía, y que son las necesarias para abastecer una determinada demanda final (cuarto cuadro de esta tabla del anexo), el mayor volumen de emisiones se genera como consecuencia de la demanda final de productos de la industria manufacturera (sector 3) pues refleja que en España se emitieron 117.124 miles de toneladas de gases de efecto invernadero en todas las etapas de producción para producir los productos manufactureros dirigidos a la demanda final. Si se suman todos los datos de este último cuadro, el resultado es que en total España emitió 285.921,60 miles de toneladas de gases de efecto invernadero para satisfacer a la demanda final de 2015.

Gráfico 3. Coeficiente de emisiones directas en Francia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboracion propia.

Gráfico 4. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Francia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015

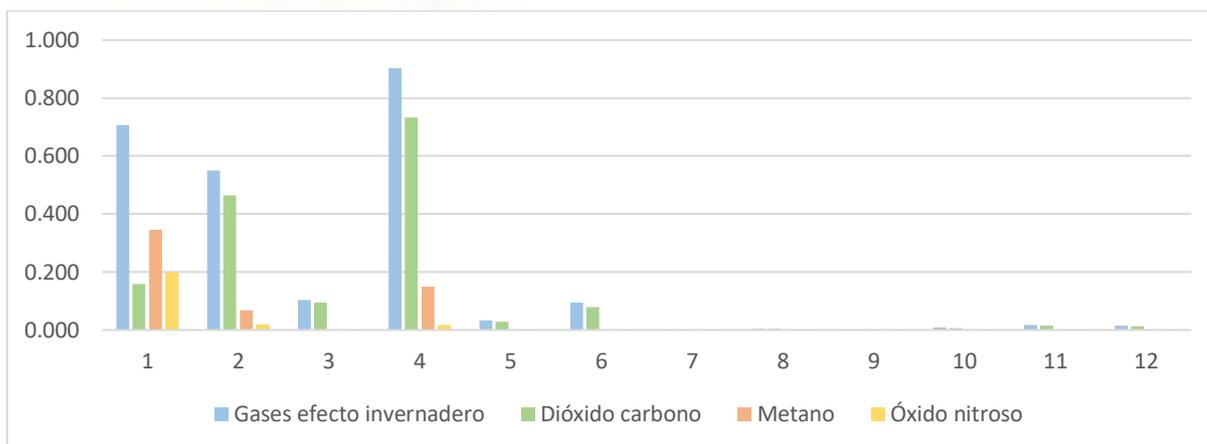


Fuente Eurostat. Elaboración propia.

Francia está considerada la segunda mayor economía de Europa y la quinta economía más grande del mundo. El gráfico 3 muestra que en el caso francés los coeficientes de emisiones directas son muy similares a los de la economía española en los que los gases de efecto invernadero originados por la agricultura (sector 1) y el sector eléctrico (sector 4) son los más elevados seguidos de la industria extractiva (sector 2) y la industria manufacturera (sector 3). En este caso, para producir un millón de euros de productos, en la agricultura se generan 1,181 miles de toneladas de gases de efecto invernadero. En el gráfico 4 se presenta los coeficientes de emisiones totales y en el que se observa lo mismo que en el gráfico anterior. Es decir, para atender un millón de euros de la demanda final los sector 1 y 4 siguen siendo los más contaminantes con coeficientes mayores respecto al gráfico anterior evidentemente.

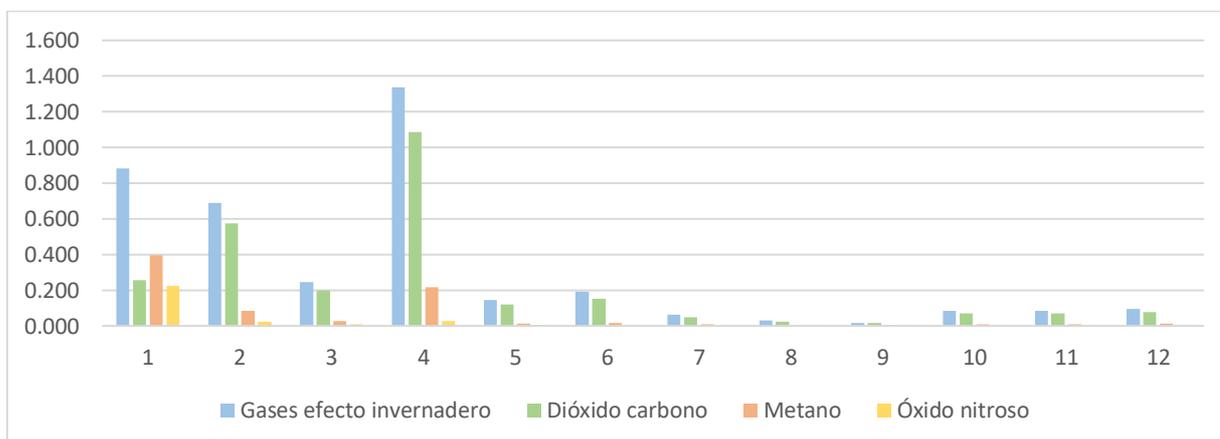
Además, en la tabla 3 del anexo se presenta la aplicación del modelo de emisiones para Francia de forma que el primer cuadro muestra que la industria manufacturera (sector 3) genera las mayores emisiones con 97.224 miles de toneladas de gases de efecto invernadero seguidas de la agricultura con 90.173 miles de toneladas. Además, en el último cuadro de esta tabla 3 se observa que en la industria manufacturera (sector 3) se generan 130.331 miles de toneladas de gases de efecto invernadero para producir estos productos dirigidos a la demanda final. Por último, en el total Francia genera 346.103 miles de toneladas de gases de efecto invernadero para satisfacer la demanda final de 2015.

Gráfico 5. Coeficiente de emisiones directas en Italia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

Gráfico 6. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Italia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015



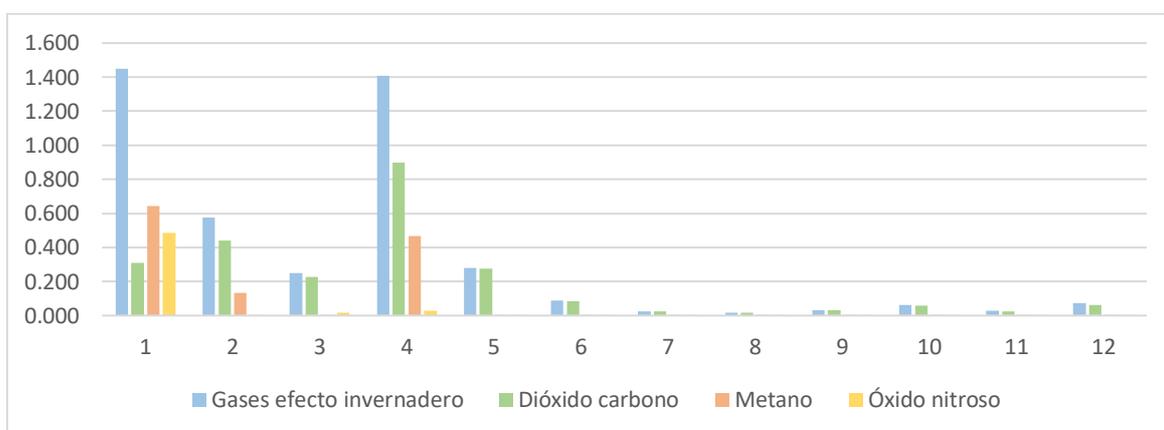
Fuente Eurostat. Elaboración propia.

El gráfico 5 refleja que en la economía italiana existen mayores coeficientes de emisión de gases de efecto invernadero y de dióxido de carbono de forma directa en el sector eléctrico (sector 4) seguido de la agricultura (sector 1) y las industrias extractivas (sector 2) mientras que los sectores para los que anteriormente se comentaba que los coeficientes de emisiones eran muy poco significativos en España, se comienza a observar coeficientes mayores aunque siguen siendo bajos en comparación con otros sectores de esta economía. Por otro lado, el gráfico 6 muestra que el sector eléctrico sigue presentando el mayor coeficiente de emisiones totales de gases de efecto invernadero por lo que para atender a un millón de euros de la demanda final este sector emite 1,337 miles de toneladas de gases de efecto invernadero.

Por otra parte, como en el resto de países, los cuadros de la tabla 4 del anexo muestran la aplicación del modelo de emisiones para el caso de Italia. En el primer cuadro “Emisiones directas (miles de toneladas)”, el sector eléctrico es el que genera las

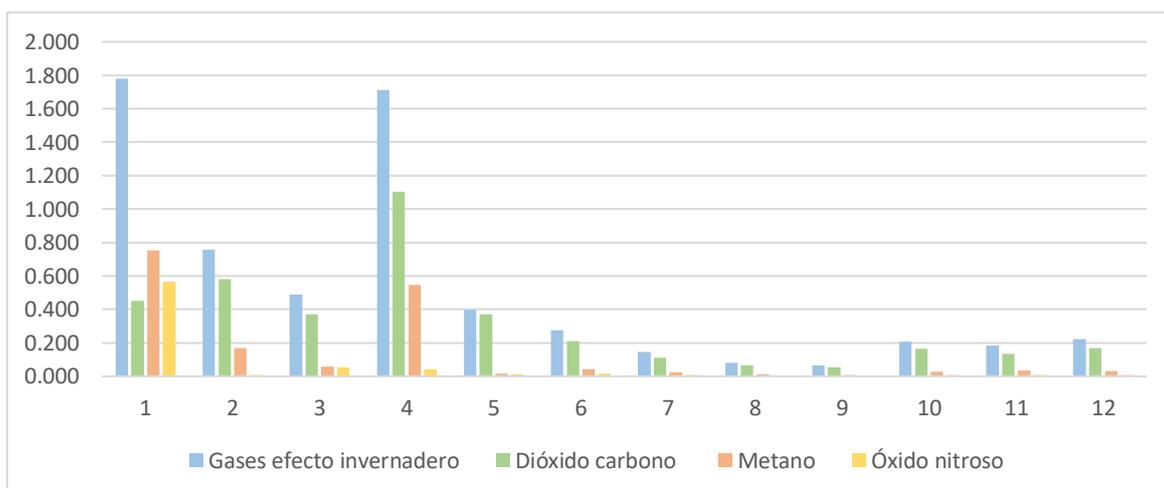
emisiones más elevadas con 119.135 miles de toneladas de gases de efecto invernadero y además, al sector manufacturero también muestra importantes emisiones con 90.694 miles de toneladas. Sin embargo, en la mayoría de los casos los mayores niveles de producción de un determinado sector supone simultáneamente mayores niveles de emisiones. De esta forma el sector industrial en Italia emite 126.591 miles de toneladas de gases de efecto invernadero en la producción de productos manufactureros dirigidos a la demanda final siendo el total de 329.607 miles de toneladas para satisfacer a la demanda final de 2015.

Gráfico 7. Coeficiente de emisiones directas en Croacia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

Gráfico 8. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Croacia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015



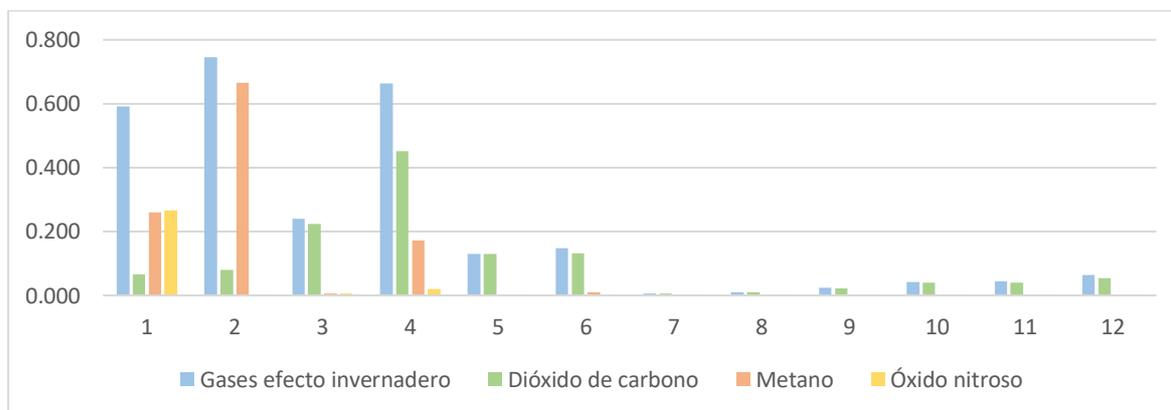
Fuente Eurostat. Elaboración propia.

En cuanto a Croacia, el gráfico 7 a priori refleja lo mismo que en el resto de países donde la agricultura y el sector eléctrico cuentan con los coeficientes de emisiones

directas más elevados de gases de efecto invernadero. Además, la agricultura se presenta con coeficientes medios – altos de metano y óxido nítrico en la producción de una unidad, en este caso un millón de euros de productos agrícolas. En el gráfico 8 los coeficientes de emisiones totales siguen siendo mayores para los sectores mencionados en el gráfico anterior.

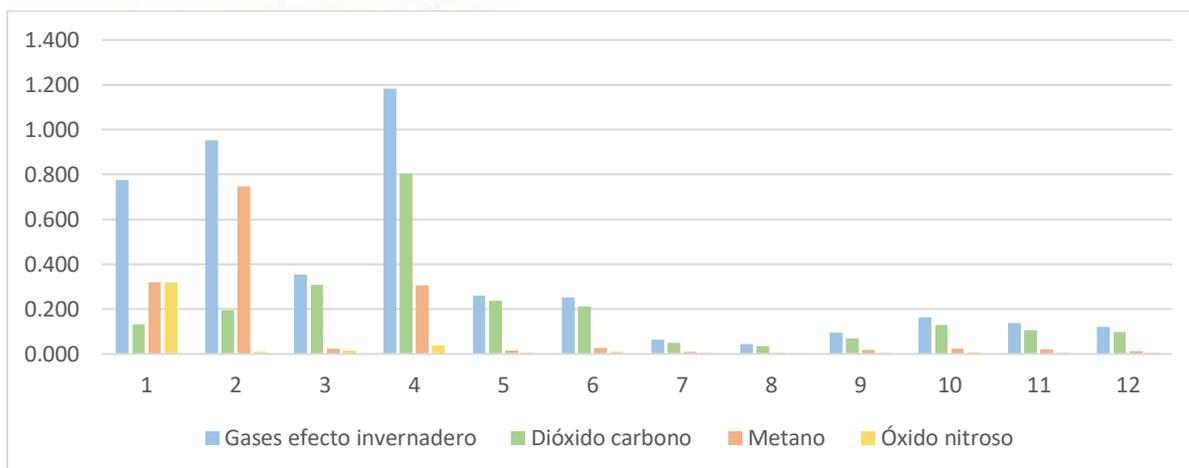
Por otra parte, en la tabla 5 la aplicación del modelo de emisiones de Croacia en el que las emisiones reales de gases de efecto invernadero son muy bajas, aunque el sector con mayores emisiones es el eléctrico con 5.819 millones de toneladas. De este país se sabe que no cuenta con un mercado de energías renovables sólido, aunque no se puede afirmar que esta sea la causa por las que el sector eléctrico se presente con las mayores emisiones ya que para ellos se necesita de un análisis más amplio que no es abordable en este trabajo. Además, en las emisiones dirigidas a la demanda final, el mayor volumen de emisiones se genera como consecuencia de la demanda final de productos del sector eléctrico siendo el total de emisiones generadas para satisfacer a la demanda final de la economía croata de 18.581 miles de toneladas en 2015.

Gráfico 9. Coeficiente de emisiones directas en Eslovaquia (miles de toneladas por unidad de producto) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

Gráfico 10. Coeficiente de emisiones totales (directas e indirectas) en Eslovaquia (miles de toneladas por unidad de demanda final) por ramas de actividad. 2015



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

Por último, a diferencia del resto de economías que se han analizado, el gráfico 9 de coeficiente de emisiones directas de Eslovaquia muestra a la industria extractiva (sector 2) con los coeficientes más elevados de gases de efecto invernadero seguido del sector eléctrico y la agricultura, aunque en ningún caso se alcanza la unidad de mil toneladas de emisión. En cambio, en el gráfico 10 los mayores coeficientes de emisiones totales de gases de efecto invernadero son del sector eléctrico en el que para atender a un millón de euros de productos para la demanda final se generan 1,182 miles de toneladas de gases de efecto invernadero. Se conoce que, en la estructura productiva de la economía eslovaca, el sector de la minería tiene gran relevancia por la presencia de la región minera de oro del Alto Nitra en las que las prácticas de extracción son insostenibles desde el punto de vista medioambiental, aunque no se afirma como la única causa ya que para ello se requiere de un análisis más detallado.

En relación a la tabla 6 del anexo se muestra a Eslovaquia con unas emisiones reales de gases contaminantes por sectores moderada siendo el sector industrial el responsable de las mayores emisiones con 16.825 miles de toneladas de gases de efecto invernadero, dato que es muy significativo respecto al resto de emisiones reales de esta economía. Además, el mayor volumen de emisiones generadas como consecuencia de la demanda final se le atribuye a este mismo sector con 20.292 miles de toneladas de contaminantes.

Otro aspecto a destacar de este análisis es que, en general, en la mayoría de los países la agricultura y la ganadería, ambas incluidas en el sector 1, presentan los mayores coeficientes de gases de efecto invernadero. En general se podría decir que, en el caso agrícola, el estiércol, los residuos orgánicos almacenados en vertederos, el uso abusivo de fertilizantes y la combustión de biomasa son prácticas que generan mucha contaminación; mientras que, el ganado genera grandes emisiones a través de la fermentación intestinal y la putrefacción de los excrementos. Nuestro análisis no nos permite saber si estas son las prácticas que hacen que los coeficientes de emisiones para

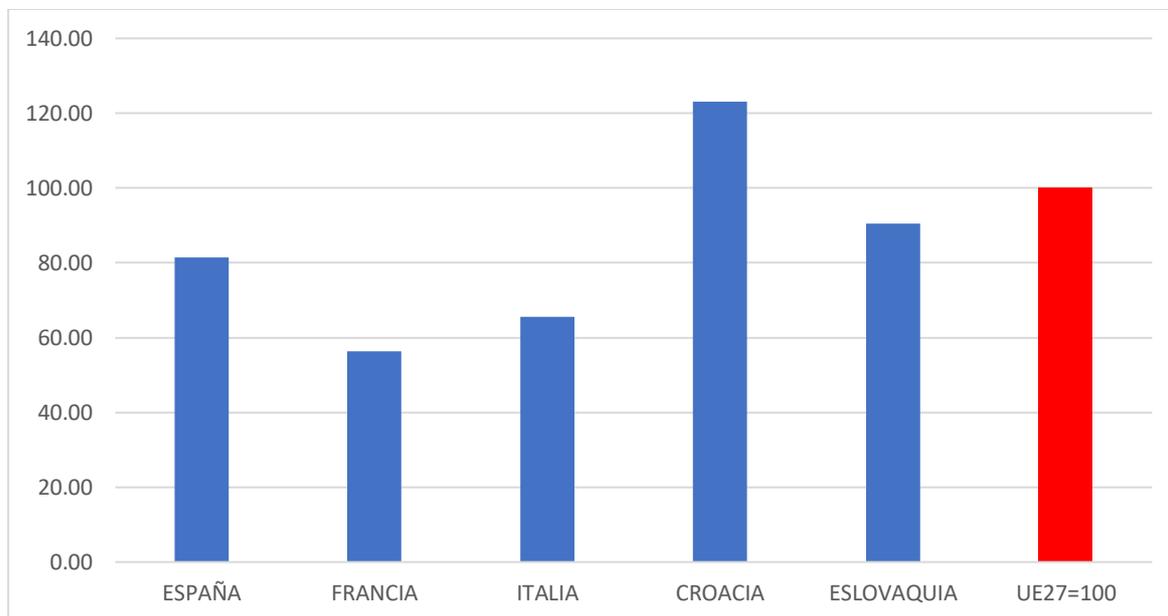
la agricultura sean tan elevados en todos los países, pero si son algunas de las principales prácticas insostenibles del sector agrícola y ganadero medioambientalmente que contribuyen a mayores emisiones.

Los gráficos que hasta ahora hemos analizado, se han hecho de una forma individual para cada país lo que ha permitido conocer los niveles de contaminación y los sectores más contaminantes dentro de cada país, así como las sustancias contaminantes que se emiten en mayor o en menor medida. Sin embargo, las particularidades de cada país, especialmente las referidas a sus estructuras productivas, a la estructura de sus demandas finales por tipos de productos o por componentes, o las relativas al valor (volumen) de su producción y demanda final, afectan directamente al volumen de emisiones generadas en cada uno de ellos. Así, parece razonable suponer que el “tamaño” de cada país, medido por el valor de su producción o el de su demanda final, afecta directamente al valor de sus emisiones: a mayor “tamaño” (en euros), mayor volumen de emisiones (en toneladas). La demanda final se compone del gasto de las administraciones públicas, el gasto de las instituciones sin fines de lucro, el gasto en inversión y el gasto de exportaciones. Esto supone que en el desarrollo de la economía de un determinado país se emite en mayor o en menor medida dependiendo de las exigencias de su demanda final, así como por su estructura productiva que vendrá determinada por la intensidad de las actividades de sus sectores económicos. Es por ello que, si el objetivo es comparar el nivel de contaminación generado por la estructura productiva entre los países de la UE seleccionados, hay que tener en cuenta que la estructura productiva y la demanda final a satisfacer por cada uno de ellos es distinta.

Por ello, para poder realizar esa comparación entre países, habría que tratar de homogeneizar alguna de las variables que los caracterizan y diferencian. Con ese objetivo, y como simple aproximación, estimaremos qué estructura productiva es la más contaminante, o, en otros términos, cuál genera el mayor volumen de emisiones (en toneladas) de gases de efecto invernadero. Así, estimaremos qué volumen de emisiones se genera en cada país para poder satisfacer un mismo vector de demanda final (tanto en valor como en estructura y componentes), con lo que eliminamos el efecto que podría originar un mayor volumen de demanda final y producción, así como una diferente estructura de la demanda final. Como resultado, y como aproximación, podremos interpretar que los países que generan un mayor volumen de emisiones son los que presentan una estructura productiva más contaminante. Evidentemente, si la estructura y componentes de la demanda final fueran diferentes a los utilizados en esta estimación, los resultados obtenidos también podrían resultar modificados.

4.2. LAS EMISIONES GENERADAS EN CADA PAÍS PARA ATENDER A UNA DEMANDA FINAL HOMÓGENEA

Gráfico 11. Emisiones de gases de efecto invernadero en el conjunto de la economía de cada país generadas para satisfacer la demanda final de la UE 27. 2015 (índices UE27 =100)



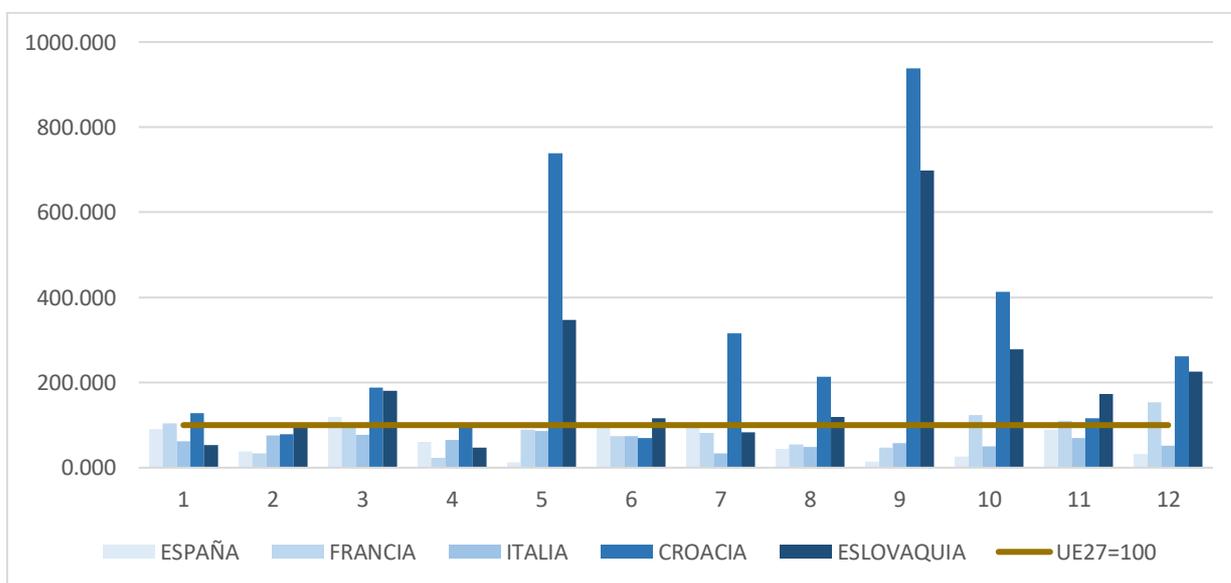
Fuente Eurostat. Elaboración propia.

En esta estimación, utilizaremos como datos de referencia para realizar las comparaciones entre los países la información correspondiente al conjunto de la UE27: tabla simétrica de la UE27 (y, por tanto, la estructura productiva y la demanda final de la UE27), emisiones de gases de efecto invernadero por sectores para el conjunto de la UE 27, y los coeficientes de emisiones directas y totales de la UE27. Mediante la aplicación del modelo de emisiones, conoceremos el volumen de emisiones que se genera en la UE27 para satisfacer su demanda final, dada la estructura productiva recogida en la TIO de la UE27. Posteriormente, calcularemos el volumen de emisiones que se genera en cada uno de los países para satisfacer la demanda final homogénea de la UE27, dada la estructura productiva de cada país recogida en la TIO correspondiente.

En el gráfico 11 se muestran, en forma de índices (UE27 =100), las emisiones totales de gases de efecto invernadero que se generan en toda la economía de cada país cuando se satisface la demanda final de la UE27. Es decir, con este análisis se trata de explicar qué países generan más emisiones para atender a un mismo vector de demanda final y, en el siguiente gráfico 12, qué sectores son los más contaminantes. En otros términos, se trata de identificar, para cada país, qué estructura productiva es más o menos contaminante (en emisiones de gases de efecto invernadero). Como se ha dicho, no podemos evaluar aquí el hecho de que una estructura diferente (mismo volumen) de la demanda final pudiera generar un volumen diferente de emisiones.

Los resultados que se presentan en el gráfico denotan que España cuenta con una estructura productiva menos contaminante que la del conjunto de la UE para todos sectores tal y como se muestra en la tabla 7 del anexo, así como para el total de la economía. Además, la industria manufacturera cuenta con el nivel de emisión más alto, aunque no es superior a la media europea en ningún caso. En segundo lugar, en el total Francia cuenta con el volumen de emisiones más bajo para atender a una misma demanda final con respecto al resto de países y también por debajo de la media de la UE. Esto es un dato a resaltar ya que a pesar de que Francia es el país menos contaminante en el total, las emisiones que genera la demanda de la agricultura son ligeramente superiores a la media europea (ver tabla anexo 7). Por otra parte, Italia le sigue a Francia en la lista de países menos contaminantes en el total para atender la misma demanda por debajo de la UE. Además, en la economía italiana ningún sector se encuentra por encima de la UE. En el caso de Eslovaquia, es el segundo país con mayores emisiones, aunque en el total se encuentra por debajo de la media. A nivel desagregado, cuenta con sectores con emisiones por encima de la media como los sectores 5, 9, 10 y 11. Por último, cabe destacar el caso de Croacia ya que es el único país en el que el volumen total de emisiones supera a la UE lo que supone que Croacia cuenta con la estructura productiva más contaminante.

Gráfico 12. Coeficiente de emisiones directas de gases de efecto invernadero por unidad de producto (índice UE27=100)

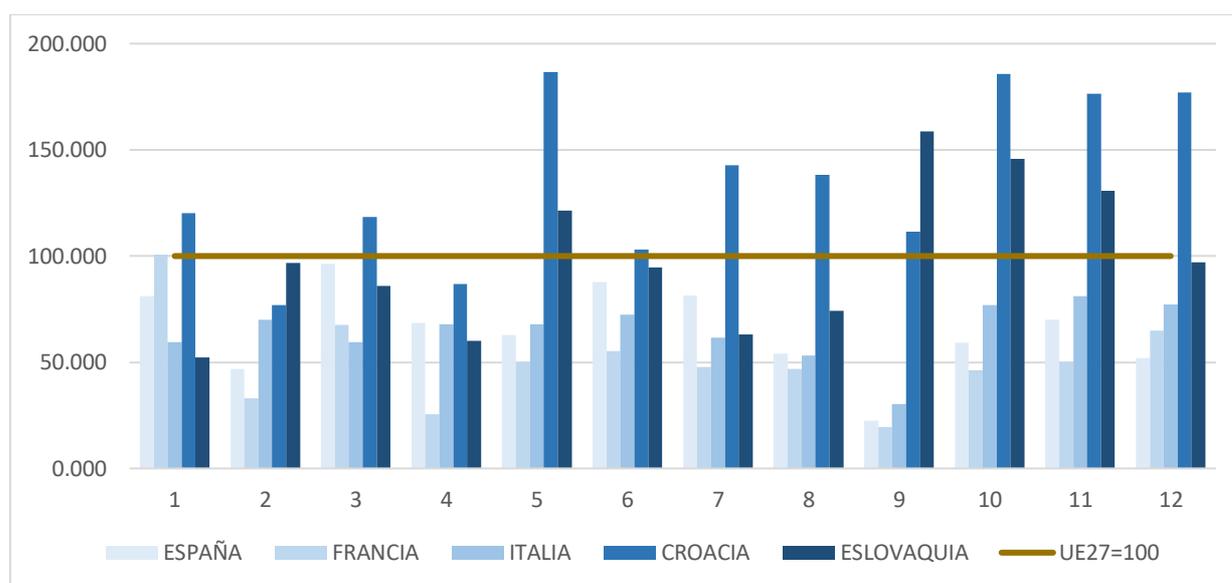


Fuente Eurostat. Elaboración propia.

El gráfico 12 muestra, en forma de índices (UE27=100), el coeficiente de emisiones directas de gases de efecto invernadero por unidad de producto de cada uno de los países seleccionados y en cada sector. Se observa que en España estas emisiones están por debajo de la media de la UE excepto para los sectores 3 y 6 que se encuentran por encima, es decir, para estos dos sectores la economía española emite más gases de efecto invernadero que el conjunto europeo. En el caso de Francia, las emisiones por unidad de

producto de la agricultura están ligeramente por encima de la UE mientras que el sector 12 correspondiente a otros servicios es el sector con más emisiones de este país y el más que sobrepasa la base de la UE. Por otra parte, en Italia las emisiones de todos sus sectores se encuentran por debajo del conjunto europeo. Por último, la gráfica muestra claramente que Croacia y Eslovaquia superan a la media en emisiones directas de gases de efecto invernadero por unidad de producto para la mayoría de los sectores de sus economías.

Gráfico 13. Coeficiente de emisiones totales de gases de efecto invernadero por unidad de demanda final (índice EU27=100)



Fuente Eurostat. Elaboración propia.

En la gráfica 13 se presentan los coeficientes de emisiones totales de gases de efecto invernadero por unidad de demanda final de cada uno de los países y para cada sector con respecto a la media de la UE. En España las emisiones dirigidas a satisfacer una unidad de la demanda final están claramente por debajo de la media en todos los sectores; mientras que para el caso de Italia y Francia sucede lo mismo, a excepción del sector agrícola en la economía francesa que está ligeramente por encima del conjunto europeo. Por último, al igual que en el gráfico anterior Croacia y Eslovaquia lideran su volumen de emisiones por unidad de demanda final situándose por encima de la media de la UE para la mayoría de sus sectores sobre todo en el caso de Croacia en el que solo el sector 2 (industrias extractivas) y 4 (sector eléctrico) están por debajo del conjunto europeo mientras que el sector 5 (construcción) alcanza los mayores niveles de emisión no solo en comparación con la Unión si no también para el resto de las economías.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se han estudiado los modelos de emisiones contaminantes de un conjunto de países de la Unión Europea mediante los datos de las tablas simétricas

disponibles hasta 2015 proporcionados por Eurostat, que han sido agregadas para un nivel de 12 ramas de actividad. Después de haber descrito de manera sintética los problemas medioambientales a los que se enfrenta el mundo actual, se han estimado las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los sectores económicos de un conjunto de países seleccionados mediante la aplicación del modelo input-output propuesto por Leontief ampliado con información medioambiental.

La selección de los países que se analizan se realizó sobre la base de aquellos que presentaban mayores y menores niveles de emisiones de gases de efecto invernadero per cápita. Así, como integrantes del primer grupo se eligieron Francia e Italia, mientras que para el segundo se tomaron Croacia y Eslovaquia. Además de los cuatro países mencionados, también se incorporó al análisis a España, por ser nuestro país de referencia.

Seguidamente, se presentan las principales conclusiones obtenidas en el trabajo.

Los países analizados que generan un mayor volumen (valor absoluto en miles de toneladas) de emisiones de gases de efecto invernadero son Francia, Italia y España, mientras que Croacia y Eslovaquia son los que presentan emisiones más bajas.

Sin embargo, cuando se analizan los coeficientes de emisiones directas por unidad de producción en cada uno de los sectores, o los coeficientes de emisiones totales (directas e indirectas) por unidad de demanda final para cada sector, la conclusión se modifica, pues para casi todos los sectores productivos, los mayores coeficientes (directos o totales) se presentan en Croacia y Eslovaquia, que son los países que menos emisiones de GHG generan (en valor absoluto).

En casi todos los países, los sectores productivos que presentan mayores coeficientes de emisiones directas son la agricultura (sector 1) y el sector eléctrico (sector 4) a excepción de Eslovaquia en el que los mayores coeficientes los presentan las industrias extractivas (sector 2) o Italia donde este sector ocupa el tercer lugar entre los más contaminantes; mientras que los que registran menores coeficientes son sectores de la información y comunicaciones (sector 7), actividades financieras y de seguros (sector 8), actividades inmobiliarias (sector 9) y actividades profesionales, científicas y administrativas (sector 10) ya que se trata de sectores productores de servicios.

Por lo que se refiere a los coeficientes de emisiones totales (directas e indirectas), los sectores productivos que presentan los mayores coeficientes en casi todos los países son nuevamente la agricultura y el sector eléctrico. En cambio, en Eslovaquia las industrias extractivas han tomado un segundo lugar siendo el sector eléctrico el que genera mayores coeficientes de emisiones totales; mientras que los que registran menores coeficientes son los sectores 7, 8 y 9.

Con el objetivo de intentar limitar las particularidades que en cada país pueden determinar el volumen de sus emisiones de GHG, especialmente las referidas a sus estructuras productivas, a la estructura de sus demandas finales por tipos de productos o por componentes, o las relativas al valor (volumen) de su producción y demanda final, y así poder realizar comparaciones, hemos estimado, como una simple aproximación, qué países presentan una estructura productiva más contaminante, o, en otros términos, cuáles generan el mayor volumen de emisiones (en toneladas) de gases de efecto invernadero. Para ello, hemos estimado el modelo de emisiones utilizando un mismo vector de demanda final a satisfacer (tanto en valor como en estructura y componentes), que es el correspondiente al conjunto de la UE27. Como se ha señalado en el trabajo, esta estimación se corresponde con una estructura fija de la demanda final (UE27), por lo que, si se presentara una estructura diferente, incluso para un mismo valor total, los resultados obtenidos también podrían resultar modificados.

Los resultados obtenidos mediante esta estimación confirman lo registrado por los coeficientes de emisiones directas y totales, pues son los países de Croacia y Eslovaquia, respectivamente, los que emitirían un mayor volumen de toneladas de gases de efecto invernadero para poder atender la demanda final para el conjunto de la UE27, mientras que Francia, Italia y España registrarían los menores volúmenes de emisiones. En otras palabras, del conjunto de países analizados, los que presentarían estructuras productivas más contaminantes (emisiones de GHG) serían los de Croacia y Eslovaquia, mientras que en los tres restantes países se registraría lo contrario.

Como ya se ha dicho, estas diferencias en los resultados de ambos análisis se explican porque en el primero (valores absolutos de cada país) las emisiones generadas se correspondían con una demanda final distinta para cada uno de ellos, por lo que es lógico que haya mayores emisiones en aquellos países que tienen que atender a una mayor demanda final como son los casos de Francia, Italia y España. Es decir, se trata de un efecto de volumen en el que una mayor demanda final conlleva a una mayor producción y por tanto mayores emisiones, o sea que los países que más emisiones emiten en valor absoluto serán los que presentan una mayor demanda final. Además, el volumen de emisiones también se puede ver influenciado por la estructura de la demanda final, es decir, existen países que consumen productos que generan más emisiones que otros. Y la tercera posible variable que incide sobre las emisiones es la estructura productiva. En este sentido, la razón por la que las emisiones de Croacia y Eslovaquia son superiores cuando se dirigen a satisfacer una misma demanda final podría ser porque ambas economías poseen estructuras productivas o procesos de producción más contaminantes. Esta cuestión es muy importante ya que, aunque dos países puedan atender una misma demanda final, si en uno de ellos las prácticas de consumo y producción generan más emisiones y son más insostenibles medioambientalmente, lógicamente serán más contaminantes. De la misma manera también podría ocurrir algo similar en economías

donde la estructura productiva es la misma y la estructura de la demanda final fuera distinta.

Por otra parte, en el análisis para los distintos países también se han comentado aquellos sectores que contribuían a una mayor contaminación para cada caso. Sin embargo, y ello constituye una limitación del trabajo realizado, sería ambicioso por nuestra parte pretender justificar las causas por las que los sectores de cada país contribuyen a una mayor o menor contaminación en forma de emisiones de GHG, ya que requeriría de un análisis más amplio y muy concreto de cada sector, cuestión que no es abordable en este trabajo.

Y para finalizar, a modo de reflexión, el cambio climático y sus consecuencias sobre el medioambiente es una realidad creciente que afecta directamente al crecimiento de cualquier país y sobre todo al crecimiento económico de Europa de forma negativa y sucesoria en las próximas generaciones del futuro. Si bien existen programas de actuación e iniciativas por parte de organizaciones supranacionales como la Organización de las Naciones Unidas y la Unión Europea que plantean numerosos objetivos dirigidos a alcanzar un mundo libre de emisiones, en ningún momento se plantea la forma de conseguirlos, es decir, no se proponen las herramientas ni los instrumentos ni se establecen las directrices para avanzar en este camino por lo que el interrogante ante la problemática medioambiental de la UE es: ¿de qué manera los estados miembros lograrán la erradicación del cambio climático para un futuro próximo?.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ardenillo, O., y Sanz, D. (2020). “Cómo descarbonizar la economía”: Foro científico; Investigación y ciencia.

Asamblea General Naciones Unidas (2015). *Proyecto de resolución remitido a la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015 por la Asamblea General en su sexagésimo noveno periodo de sesiones. Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.*

Banco de Desarrollo de América Latina (2019). “Las 3D de Energía: Descarbonización, Digitalización y Descentralización”. Recuperado de: <https://www.caf.com/es/conocimiento/visiones/2019/11/las-3-d-de-energia-descarbonizacion-digitalizacion-y-descentralizacion/>

Coase, R. (1960). “*The Problem of Social Cost*”, *Journal of Law and Economics*, vol.3 No. 1, págs. 1-44.

Comisión Europea (2006). *Environmentally extended input-output tables and models for Europe*: Official Publications of the European Communities.

Comisión Europea (2017). “Propuesta de REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO relativo a la gobernanza de la Unión de la Energía, y por el que se modifican la Directiva 94/22/CE, la Directiva 98/70/CE, la Directiva 2009/31/CE, el Reglamento (CE) n.º. 663/2009, el Reglamento (CE) n.º. 715/2009, la Directiva 2009/73/CE, la Directiva 2009/119/CE del Consejo, la Directiva 2010/31/UE, la Directiva 2012/27/UE, la Directiva 2013/30/UE y la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo y se deroga el Reglamento (UE) n.º. 552/2013”. Bruselas.

Comisión Europea (2018). “COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO, AL COMITÉ DE LAS REGIONES Y AL BANCO EUROPEO DE INVERSIONES. *Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra*”. Bruselas.

Comisión Europea (2019). *Documento de Reflexion para una Europea Sostenible de aquí a 2030*.

Comisión Europea (2020). *Propuesta de REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifica el Reglamento (UE) 2018/1999 («Ley del Clima Europea»)*.

Comisión Europea (2020). *Sustainable development in the European Union Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context*.

Convención Marco sobre el Cambio Climático Naciones Unidas (2015). *Aprobación del Acuerdo de París*.

Eurostat (2008). *NACE Rev. 2: statistical classification of economic activities in the European Community; Methodologies and working papers*.

Eurostat (2008). *Eurostat Manual of Supply, Use and Input – Output Tables*: Official Publications of the European Communities: Luxembourg.

Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process First*. Harvard University Press.

Guterres, A. La Unión Europea, a la cabeza. *Descarbonización de la economía* (pp. 94-97)

Hotelling, H. (1931). *The economics of exhaustible resources: Journal of Political Economy*, 39:137-75

Jevons, W.S. (1906). *The Coal Question*, ed. By Flux, A.W., London: Macmillan (3rd edition).

Kapp, W. (1976). *The open system character of the Economy and its Implications. En Economics in the Future: Towards a New Paradigm*. London: MacMillan.

Kitzes, J. (2013): “An Introduction to Environmentally – Extended Input – Output Analysis”; *Resources*, 2, págs. 489-503.

Kneese, A. (1964). *The Economics of Regional Water Quality Management*. Baltimore: John Hopkins University Press for Resources for the Future.

Leontief, W (1936). Quantitative input-output relations in the economic system of the United States. *Rev. Econ. Stat.*, 18, 105–125.

Leontief, W., (1970). *Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach*. *The review of economics and statistics* 52, 262–271.

Martínez Alier, J. & Jusmet Roca (edición 2018). *Economía Ecológica y Política Ambiental*; Fondo de Cultura Económica.

Miller, R.; Blair, P (2009). *Input – Output Analysis: Foundations and Extensions*. Cambridge University Press: Cambridge, UK; p.161 – 164.

Monitor Deloitte. (2016). *Un modelo energético sostenible para España en 2050. Recomendaciones de política energética para la transición*. Recuperado de : http://perspectivas.deloitte.com/hubfs/Campanas/Estudio_descarbonizacion/Estudio_Un_mod_elo_energetico_sostenible_para_Espana_en_2050.pdf?hsCtaTracking=00671aea-28a2-40ae-8efe-7ecdd031b453%7Ca90313e4-764e-472f-bad3-26adc7ebb6ab

Pere, et al. (2016). *Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales*: Paraninfo, 3^o edición

Pigou, Arthur C. (1920). *The Economics of Welfare* (Londres: Macmillan)

Pulido San Román, A. (2008). *Relaciones entre economía y medioambiente*. Tratado de atribución medioambiental, vol. 2, págs. 1075-1087.

Roca, J. & Serrano, M. (2007): “Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input – output approach”; *Ecological Economics*, 63, págs. 230 – 242.

Schaffartzik, A. et al. (2014). *Environmentally Extended Input – Output Analysis*; Social Ecology Working Paper 154: Viena.

7. ANEXOS

Tabla 2. Modelo de emisiones para España 2015

SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	SECTOR 9	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12	
Emisiones directas (miles toneladas)												
GHG	50.012,9	1.525,5	81.761,7	88.226,6	677,1	56.531,0	599,8	249,0	74,2	742,6	4.993,2	588,0
CO2	12.454,4	1.323,6	74.231,8	73.803,4	385,9	53.759,6	562,6	231,5	55,8	696,8	4.527,8	553,3
CH4	23.928,3	175,8	2.106,3	12.160,6	1,1	95,0	5,9	2,4	0,6	7,3	30,0	3,4
N2O	13.597,2	14,1	596,3	1.794,2	4,3	488,7	0,8	0,3	0,1	1,0	331,1	3,0
Emisiones directas por unidad de producto (B)												
GHG	1,022	0,277	0,158	0,837	0,005	0,131	0,008	0,004	0,000	0,004	0,022	0,009
CO2	0,255	0,240	0,143	0,700	0,003	0,124	0,007	0,003	0,000	0,004	0,020	0,008
CH4	0,489	0,032	0,004	0,115	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N2O	0,278	0,003	0,001	0,017	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
Emisiones totales por unidad de demanda final B (I – A)⁻¹												
GHG	1,204	0,460	0,397	1,347	0,134	0,233	0,082	0,031	0,013	0,066	0,073	0,065
CO2	0,374	0,393	0,309	1,125	0,108	0,209	0,069	0,027	0,011	0,055	0,062	0,054
CH4	0,528	0,053	0,051	0,183	0,015	0,011	0,009	0,003	0,001	0,007	0,006	0,007
N2O	0,297	0,008	0,023	0,029	0,005	0,005	0,003	0,001	0,000	0,002	0,003	0,002
Emisiones por sectores de GHG (miles de toneladas) generadas para satisfacer la demanda final de España 2015: $Z = B (I - A)^{-1} Y$												
GHG	25301,4	898,4	117124,3	37693,9	13441,0	63046,7	3776,6	834,8	1431,6	3894,0	15177,3	3361,6

Tabla 3. Modelo de emisiones para Francia 2015

| SECTOR |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |

Emisiones directas (miles toneladas)

GHG	90.713,0	1.143,0	97.224,0	49.858,5	9.174,5	65.953,5	1.261,0	1.015,5	523,0	9.744,4	15.369,9	4.123,0
CO2	14.758,1	1.033,9	89.455,7	35.348,0	8.629,5	57.386,9	1.163,5	915,2	490,1	9.260,6	14.601,4	3.747,6
CH4	39.187,5	84,4	271,6	13.445,6	5,6	677,5	2,0	1,5	0,7	10,8	38,6	9,2
N2O	36.755,1	22,3	1.452,3	842,2	402,8	496,0	6,7	6,7	4,0	80,0	118,4	8,6

Emisiones directas por unidad de producto (B)

GHG	1,181	0,247	0,129	0,327	0,034	0,094	0,007	0,005	0,002	0,019	0,028	0,044
CO2	0,192	0,224	0,118	0,232	0,032	0,081	0,006	0,004	0,002	0,018	0,026	0,040
CH4	0,510	0,018	0,000	0,088	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N2O	0,479	0,005	0,002	0,006	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Emisiones totales por unidad de demanda final B (I – A)⁻¹

GHG	1,492	0,325	0,278	0,503	0,107	0,147	0,048	0,027	0,012	0,052	0,052	0,081
CO2	0,284	0,281	0,189	0,357	0,085	0,121	0,038	0,022	0,009	0,044	0,045	0,068
CH4	0,623	0,029	0,041	0,131	0,009	0,007	0,006	0,002	0,001	0,004	0,004	0,005
N2O	0,581	0,011	0,036	0,010	0,009	0,005	0,003	0,001	0,001	0,002	0,002	0,003

Emisiones por sectores de GHG (miles de toneladas) generadas para satisfacer la demanda final de Francia 2015: $Z = B (I - A)^{-1} Y$

GHG	40555,72	196,74	139331,81	25619,19	21782,52	65780,61	5278,23	1810,74	2860,59	9044,40	27518,59	6324,61
-----	----------	--------	-----------	----------	----------	----------	---------	---------	---------	---------	----------	---------

Tabla 4. Modelo de emisiones para Italia 2015

| SECTOR |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |

Emisiones directas (miles toneladas)

GHG	39.443,4	4.729,0	90.694,4	119.135,0	5.906,0	58.254,4	323,1	571,5	491,9	2.440,9	6.147,9	1.470,9
CO2	8.883,8	3.980,1	83.607,7	96.832,7	5.285,4	48.517,2	284,9	524,8	472,7	2.114,9	5.384,4	1.283,5
CH4	19.296,8	580,3	1.806,4	19.642,9	4,1	79,8	0,3	0,7	0,5	2,3	7,2	1,4
N2O	11.173,6	166,9	998,2	2.418,2	48,0	446,0	2,1	3,9	3,4	16,7	370,1	9,7

Emisiones directas por unidad de producto (B)

GHG	0,707	0,551	0,103	0,903	0,033	0,094	0,003	0,004	0,002	0,008	0,017	0,015
CO2	0,159	0,464	0,095	0,734	0,029	0,078	0,002	0,004	0,002	0,007	0,015	0,013
CH4	0,346	0,068	0,002	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N2O	0,200	0,019	0,001	0,018	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000

Emisiones totales por unidad de demanda final B (I – A)⁻¹

GHG	0,881	0,688	0,245	1,337	0,144	0,192	0,062	0,031	0,018	0,086	0,085	0,096
CO2	0,256	0,575	0,200	1,085	0,120	0,152	0,050	0,025	0,015	0,068	0,070	0,078
CH4	0,395	0,085	0,025	0,217	0,012	0,015	0,008	0,003	0,002	0,010	0,009	0,012
N2O	0,225	0,023	0,010	0,029	0,004	0,006	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,003

Emisiones por sectores de GHG (miles de toneladas) generadas para satisfacer la demanda final de Italia 2015: Z = B (I – A)⁻¹ Y

GHG	19069,62	1589,60	126591,45	42507,42	17548,73	73865,25	3543,03	1216,17	3270,47	6257,58	27291,01	6857,82
------------	----------	---------	-----------	----------	----------	----------	---------	---------	---------	---------	----------	---------

Tabla 5. Modelo de emisiones para Croacia 2015

	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	SECTOR 9	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12
--	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------

Emisiones directas (miles toneladas)

GHG	3.689,5	645,8	4.568,7	5.819,8	1.299,6	1.589,9	88,8	63,0	134,1	267,6	257,6	156,7
CO2	785,0	495,6	4.173,3	3.708,0	1.281,3	1.541,6	78,3	59,9	129,2	245,9	212,4	131,5
CH4	1.637,9	149,1	3,3	1.926,0	1,9	3,6	0,3	0,3	0,6	0,8	0,7	0,4
N2O	1.240,5	0,2	330,7	112,3	15,5	16,5	0,4	0,1	0,3	1,2	1,0	0,6

Emisiones directas por unidad de producto (B)

GHG	1,448	0,575	0,250	1,407	0,278	0,089	0,026	0,018	0,033	0,063	0,029	0,075
CO2	0,308	0,441	0,228	0,897	0,274	0,086	0,023	0,017	0,032	0,058	0,024	0,063
CH4	0,643	0,133	0,000	0,466	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N2O	0,487	0,000	0,018	0,027	0,003	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Emisiones totales por unidad de demanda final: B (I – A)⁻¹

GHG	1,780	0,758	0,489	1,710	0,398	0,274	0,144	0,080	0,067	0,208	0,184	0,221
CO2	0,451	0,580	0,370	1,102	0,369	0,210	0,109	0,064	0,056	0,164	0,132	0,168
CH4	0,752	0,170	0,059	0,545	0,016	0,043	0,023	0,010	0,008	0,028	0,036	0,030
N2O	0,564	0,006	0,053	0,041	0,011	0,017	0,007	0,004	0,002	0,009	0,008	0,008

Emisiones por sectores de GHG (miles de toneladas) generadas para satisfacer la demanda final de Croacia 2015: Z = B (I – A)⁻¹ Y

GHG	2278,90	439,18	5051,10	3074,37	1395,59	3456,82	319,93	113,65	214,41	435,67	1485,43	316,10
------------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	---------	--------

Tabla 6. Modelo de emisiones para Eslovaquia 2015

	SECTOR 1	SECTOR 2	SECTOR 3	SECTOR 4	SECTOR 5	SECTOR 6	SECTOR 7	SECTOR 8	SECTOR 9	SECTOR 10	SECTOR 11	SECTOR 12
--	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------

Emisiones directas (miles toneladas)

GHG	2.189,0	552,9	16.825,8	8.185,2	1.907,6	4.287,8	43,7	49,0	241,9	521,1	588,5	254,3
CO2	241,5	58,6	15.652,5	5.566,1	1.902,7	3.844,5	39,0	45,0	220,4	486,7	531,8	217,4
CH4	960,8	493,5	431,1	2.118,6	0,9	281,5	0,1	0,1	7,6	19,5	19,7	8,7
N2O	984,8	0,8	461,1	256,9	4,1	62,1	4,7	3,9	10,5	14,9	18,3	6,6

Emisiones directas por unidad de producto (B)

GHG	0,591	0,746	0,240	0,663	0,131	0,148	0,007	0,010	0,025	0,043	0,043	0,064
CO2	0,065	0,079	0,223	0,451	0,130	0,133	0,006	0,009	0,022	0,040	0,039	0,055
CH4	0,259	0,666	0,006	0,172	0,000	0,010	0,000	0,000	0,001	0,002	0,001	0,002
N2O	0,266	0,001	0,007	0,021	0,000	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002

Emisiones totales por unidad de demanda final: $B(I - A)^{-1}$

GHG	0,775	0,952	0,354	1,182	0,259	0,251	0,064	0,043	0,095	0,163	0,136	0,121
CO2	0,131	0,194	0,308	0,805	0,239	0,211	0,050	0,036	0,070	0,130	0,107	0,098
CH4	0,321	0,746	0,025	0,304	0,016	0,026	0,010	0,005	0,019	0,025	0,021	0,012
N2O	0,321	0,008	0,015	0,038	0,004	0,008	0,003	0,002	0,004	0,006	0,005	0,004

Emisiones por sectores de GHG (miles de toneladas) generadas para satisfacer la demanda final de Eslovaquia 2015: $Z = B(I - A)^{-1}Y$

GHG	1311,47	146,11	20292,54	4646,67	2082,79	3467,90	257,97	85,39	743,12	531,53	1723,91	357,48
------------	---------	--------	----------	---------	---------	---------	--------	-------	--------	--------	---------	--------

Tabla 7. Emisiones totales por países y sectores de gases de efecto invernadero para atender a una demanda final homogénea de la UE27 (índices UE27=100)

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6	Sector 7	Sector 8	Sector 9	Sector 10	Sector 11	Sector 12
ESPAÑA	81,20	46,75	96,34	68,47	62,73	87,81	81,37	53,99	22,43	59,26	70,00	51,85
FRANCIA	100,63	33,00	67,49	25,55	50,06	55,28	47,89	46,91	19,46	46,13	50,09	64,85
ITALIA	59,39	69,97	59,45	67,98	67,78	72,29	61,73	53,04	30,26	76,96	81,09	77,12

CROACIA	120,05	77,01	118,48	86,91	186,65	103,17	142,80	138,10	111,56	185,76	176,27	176,94
ESLOVAQUIA	52,28	96,81	85,93	60,07	121,54	94,56	63,22	74,34	158,79	145,71	130,65	97,02
UE27=100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100