Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

GRADO EN ECONOMÍA

CURSO 2020-2021

TRABAJO DE FIN DE GRADO

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA Y LA UNIÓN EUROPEA

AUTOR: ANTONIO IGNACIO ALONSO GONZÁLEZ

TUTORA: MARÍA DEL CARMEN RAMOS CARVAJAL

OVIEDO, ENERO DE 2021

ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA Y LA UNIÓN EUROPEA

RESUMEN:

El cambio climático es uno de los mayores retos que afronta nuestra sociedad. Este se debe al efecto invernadero producido por una serie de gases, conocidos como gases de efecto invernadero (GEI). En este trabajo se estudian las emisiones de GEI generadas en España desde una perspectiva económica, teniendo en cuenta la importancia del PIB en estas y analizando también el gasto en protección y la recaudación por impuestos ambientales. Además, se estudiará la evolución de las emisiones en el Principado de Asturias y su comparación con España.

Posteriormente, se analizarán las emisiones en la Unión Europea por países, de forma transversal, así como la evolución del conjunto de la Unión y su comparación con España.

ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN SPAIN AND THE EUROPEAN UNION.

ABSTRACT:

Climate change is one of the biggest challenges faced by our society. It is caused by the greenhouse effect related to some gases, which are called greenhouse gases. In this paper, we study the greenhouse gas emissions produced in Spain with an economics perspective, taking into account the importance of GDP for them, and analysing the environmental protection expenditure and the environmental taxes revenue. In addition to this, we will study the evolution of emissions in Asturias and its comparison with Spain.

Later, we will analise the emissions in the European Union by country, crosswise, as well as the evolution of the emissions of the European Union as a whole and its comparison with Spain.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 4
1.1. ASPECTOS GENERALES DEL CAMBIO CLIMATICO 4
1.2. EL EFECTO INVERNADERO 4
1.3. LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO 5
1.4. LOS AEROSOLES 6
1.5. CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 6
2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN ESPAÑA 8
2.1. EMISIONES POR SECTORES 8
2.2. EMISIONES POR SUSTANCIA. 9
2.3. IMPORTANCIA DE LOS HOGARES EN LAS EMISIONES DE GEI 11
2.4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN ESPAÑA. 12
2.5. TENDENCIA DE LA SERIE TEMPORAL DE EMISIONES. 14
3. ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA, GASTO E IMPUESTOS 16
3.1. EVOLUCIÓN DEL GASTO EN PROTECCIÓN AMBIENTAL. 16
3.2. EVOLUCIÓN DE LOS INGRESOS POR IMPUESTOS MEDIOAMBIENTALES. 17
3.3. COMPARATIVA DE LA EVOLUCIÓN DEL GASTO EN PROTECCIÓN Y LOS IMPUESTOS MEDIOAMBIENTALES. 18
4. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS. 19
5. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA UNIÓN EUROPEA. 21
5.1. LA UNIÓN EUROPEA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO 21
5.2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA. 22
5.3. COMPARATIVA ENTRE LAS EMISIONES DE LA UNIÓN EUROPEA Y ESPAÑA. 24
6. CONCLUSIONES 25
7. BIBLIOGRAFÍA 27

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ASPECTOS GENERALES DEL CAMBIO CLIMATICO

El clima ha de entenderse como una media de las características de distintos componentes climáticos extendidos en el tiempo. Estos componentes incluyen, entre otros, las temperaturas, la presión atmosférica y las precipitaciones. La observación del clima a través del tiempo muestra la existencia de fluctuaciones en las características de estos componentes, pero estas fluctuaciones se consideran como elementos de una variabilidad natural. El concepto de cambio climático del que trataremos no entra dentro de la variabilidad natural del clima, sino que es originado por la actividad del ser humano, y recibe por ello el nombre de cambio climático antropogénico[1].

El cambio climático antropogénico se caracteriza por el aumento de las temperaturas debido al efecto invernadero, del que hablaremos más adelante. El inicio del cambio climático se asocia a los comienzos de la era industrial, en la que aumentó el uso de combustibles fósiles y, por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero. Se estima que, en algunas regiones, el calentamiento asociado a la era industrial puede estar siendo notable desde hace 180 años (PAGES 2k Consortium et al., 2016).Una de las mayores preocupaciones asociadas a este calentamiento es el aumento del nivel global medio del mar, producido por la fusión de la criósfera, principalmente localizada en la Antártida y Groenlandia.

En el Informe Especial sobre Calentamiento Global de 1,5°C del IPCC (2018) se incluyen las evidencias del calentamiento global observadas. Según este informe, la temperatura media de la Tierra en 2017 se encuentra 1ºC por encima de los niveles preindustriales. Además, este aumento se ha producido a una velocidad de 0,2ºC por década en las últimas décadas. El aumento de las temperaturas sucede de forma irregular sobre la superficie de la Tierra, siendo mayor el aumento de la temperatura en tierra que en el océano. Esto implica que, en 2015, entre un 20 y un 40% de la población mundial habitaba en zonas que ya han alcanzado un aumento de temperaturas de 1.5ºC.

1.2. EL EFECTO INVERNADERO

Para comprender qué es el efecto invernadero, debemos referirnos antes al balance global de energía. Este balance está compuesto por la energía que recibe la Tierra por radiación solar y la energía que posteriormente emite. La principal fuente de energía que determina el clima es la radiación solar (IPCC, 1995) y La Tierra recibe constantemente energía procedente del sol en forma de ondas situadas dentro del espectro visible. Parte de esta radiación, aproximadamente un 31%, es reflejada de vuelta al espacio por las moléculas presentes en el aire, por las nubes o por la propia superficie de la Tierra. Para compensar la radiación que es absorbida por la Tierra, esta debe emitir radiación de onda larga situada en la zona infrarroja del espectro. Una pequeña parte de esta radiación es devuelta al espacio, pero su mayoría es absorbida por la atmósfera.

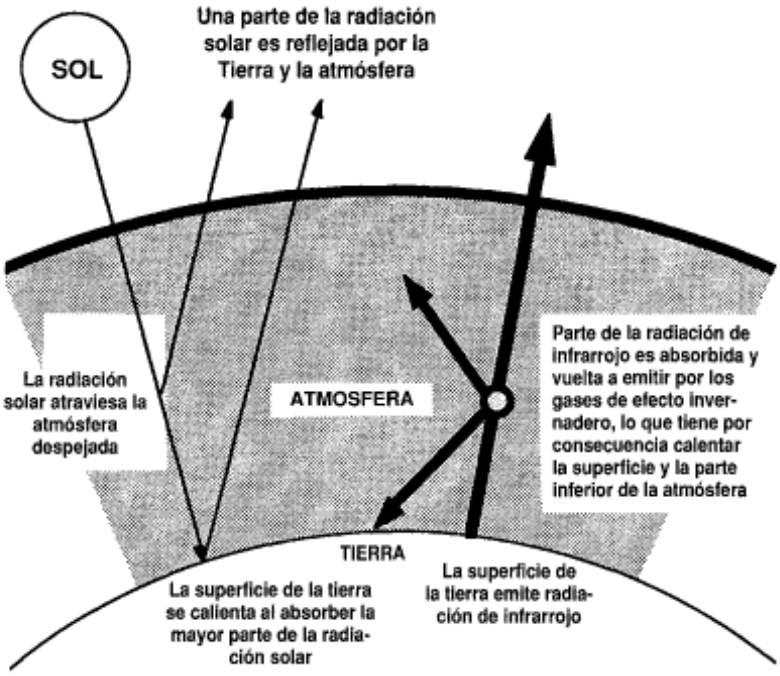
---

[1] *Primer Informe de Evaluación del IPCC*, Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), 1992.

Es entonces cuando se produce el efecto invernadero: parte de la radiación absorbida por la atmósfera es devuelta a la superficie de la Tierra. Esto se debe a que en la atmósfera existen ciertos gases capaces de absorber y emitir radiación infrarroja y como consecuencia de ello, la superficie de la Tierra tiene una temperatura mayor. El nombre de efecto invernadero se debe a la analogía que representa la presencia de estos gases con un invernadero real, manteniendo el calor en el interior, y es por ello por lo que dichos gases reciben el nombre de gases de efecto invernadero (GEI).

El efecto invernadero es un proceso que se da de forma natural en la superficie de la Tierra. Cuando hablamos del efecto invernadero como causante del cambio climático antropogénico, nos referimos a que existe un efecto invernadero reforzado por la actividad humana. Desde la era industrial, el uso de combustibles fósiles y la deforestación, junto con otros procesos, han favorecido el aumento de la concentración de los GEI en la atmósfera, produciendo la intensificación del efecto invernadero.

Ilustración 1.2.1: Esquema del Efecto invernadero.



Fuente: IPCC (1992).

1.3. LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

La atmósfera se compone principalmente de nitrógeno (N_2) en 78% de volumen y oxígeno (O_2) en un 21%. No obstante, están presentes muchos otros gases en proporciones menores y entre los cuales se encuentran los GEI. El gas principalmente asociado al cambio climático antropogénico es el dióxido de carbono (CO_2), aunque existen otros GEI como el metano (CH_4) o el óxido nitroso (N_2O).

A continuación, se muestran algunos aspectos relevantes relativos a la emisión de estos gases.

- Dióxido de carbono (CO_2): El dióxido de carbono se produce en la combustión de combustibles fósiles usados para el transporte, calefacción de viviendas y procesos

industriales. La deforestación favorece la concentración de CO_2 ya que las plantas absorben este gas en el proceso de fotosíntesis. La presencia de dióxido de carbono en la atmósfera global ha pasado de ser de 278 ppm[2] en 1750 a 390,5 ppm en 2011, y se estima que entre 1980 y 2011, la concentración ha aumentado a una velocidad de 1,7 ppm/año (IPCC, 2014).

- Metano (CH_4): El metano se produce principalmente como efecto de las actividades de la agricultura y la ganadería, tratado de residuos y uso de gas natural. En 1750 se encontraba en la atmósfera en una concentración de 722 ppb[3], mientras que en 2011 se percibía una concentración de 1803 ppb (IPCC, 2014).
- Óxido Nitroso (N_2O): El óxido nitroso se origina principalmente del uso combustibles fósiles y de fertilizantes. La concentración de óxido nitroso en la atmósfera era, de media global, de 270 ppb en 1750, mientras que en 2011 su concentración es de 324,2 ppb (IPCC, 2014).
- Halocarburos: Los halocarburos son gases orgánicos que contienen halógenos como flúor o cloro. Son los principales causantes del deterioro de la capa de Ozono, pero actualmente están regulados de forma que su uso se está viendo reducido.
- Ozono (O_3): El ozono también es considerado un gas de efecto invernadero. Algunos productos de la actividad humana, como el monóxido de carbono o los óxidos del nitrógeno, favorecen el aumento de ozono en la atmósfera. La presencia de ozono en la atmósfera es importante ya que actúa como filtro de la luz ultravioleta, por lo que no solo se puede tener en cuenta como un gas de efecto invernadero.

El vapor de agua también es considerado un gas de efecto invernadero, y quizás el más importante. Sin embargo, su presencia en el aire apenas se debe a la actividad humana, por lo que no es relevante en el estudio del cambio climático antropogénico.

1.4. LOS AEROSOLES

Los aerosoles son partículas no gaseosas de tamaño muy reducido que se encuentran suspendidas en el aire y que pueden participar en el aumento del efecto invernadero. Los aerosoles pueden tener un origen natural, como son los producidos por los volcanes, pero también pueden ser producidos por la actividad humana. La presencia de aerosoles en la atmósfera disminuye la luz solar que recibe la superficie de la Tierra (IPCC, 1990).

Los aerosoles influyen en el balance de radiación con dos efectos, uno directo y otro indirecto. El efecto directo consiste en la dispersión y absorción de radiación. El efecto indirecto se debe a la influencia que tienen sobre la cantidad de las nubes, sus propiedades ópticas y su persistencia. La mayoría de los aerosoles de origen humano se encuentran en la troposfera baja y desaparecen de la atmósfera a través de las precipitaciones. El efecto que producen en términos de radiación es muy variable debido a su corta vida y a que existe una gran variabilidad en el tamaño de estos aerosoles y su distribución espacial.

1.5. CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El principal efecto del cambio climático antropogénico es el aumento de la temperatura media global, el cual se sitúa, como ya se ha señalado, en más de 1ºC respecto a niveles

[2] Partes por millón.
[3] *Parts per billion*, es decir, partes por mil millones.

preindustriales. El aumento de las temperaturas supone un impacto mucho mayor de lo que podemos imaginar en un primer momento y en muchas más dimensiones.

Por un lado, podemos observar el efecto en los océanos y la criósfera. Entre 2006 y 2015, la capa de hielo de Groenlandia perdió una masa de aproximadamente 278 Gt[4] por año. El hielo del mar Ártico ha reducido tanto su extensión como su grosor en el periodo entre 1979 y 2018 (IPCC, 2019). La temperatura del océano ha aumentado sin pausa desde 1970 y el océano ha absorbido la gran mayoría del exceso de calor generado en la atmósfera. Además, el océano se ha visto forzado a realizar una mayor absorción de CO_2, generando un descenso del pH del agua oceánica. Como consecuencia de la fusión de la criósfera, así como la dilatación del agua debido al aumento de la temperatura, el nivel del mar ha aumentado a una ratio insólita en el periodo 2006 a 2015 (IPCC, 2019). Este conjunto de efectos tiene como consecuencia cambios en los ecosistemas marinos y de zonas gélidas, y pueden afectar a las actividades económicas asociadas y a la integridad de la biosfera. También se producen efectos negativos directos sobre la actividad humana, como la creciente dificultad en el acceso a agua potable en algunas regiones y la disminución de las playas por el aumento del nivel del mar.

En tierra, el aumento de la temperatura media global de la superficie ha sido de unos 0,87ºC desde el periodo preindustrial (IPCC, 2020). Este calentamiento ha promovido que los eventos asociados a altas temperaturas como las olas de calor hayan aumentado su frecuencia, intensidad y duración. Otra consecuencia directa ha sido de la transición climatológica de algunas zonas, llegando incluso a la desertificación en ciertos casos. El aumento de eventos climáticos extremos tiene un impacto muy negativo sobre la estabilidad del abastecimiento de alimentos. También es previsible un aumento de los incendios en zonas forestales, además de la intensidad de estos. Además, muchos de dichos efectos negativos se ven magnificados por la actividad humana y los cambios que se realizan directamente sobre la tierra.

La principal perspectiva que se ha adoptado para afrontar estas consecuencias ha sido la de mitigación, que consiste en disminuir las emisiones de GEI y otros factores generadores del cambio climático de manera que se puedan alcanzar unos niveles sostenibles. No obstante, en los últimos años se ha instaurado la idea de que es necesaria también la adaptación a estas consecuencias de forma complementaria a la mitigación.

España es un país especialmente vulnerable ante los efectos del cambio climático y que podría beneficiarse de políticas de adaptación. La idea de adaptación no solo conlleva la minimización de los efectos negativos del cambio climático, sino que en algunos casos puede suponer el aprovechamiento de estos efectos favorablemente. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) es el instrumento de coordinación de las administraciones públicas y las iniciativas privadas españolas para establecer un marco de adaptación.

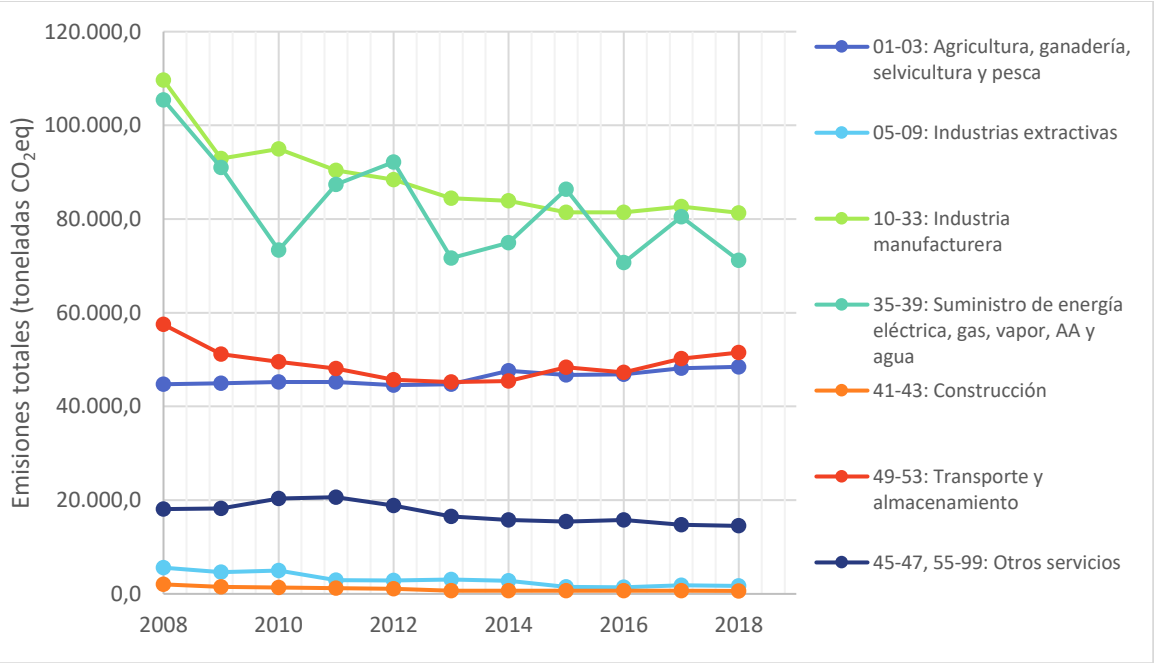
[4] Gigatones.

2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN ESPAÑA

2.1. EMISIONES POR SECTORES

Con el objetivo de analizar las emisiones de GEI en España, comenzaremos por señalar qué sectores económicos son los que más emiten. En el gráfico 2.1.1 y de acuerdo con la agregación sectorial presentada por el INE siguiendo la CNAE[5] 2009, podemos observar que el agregado de sectores que más emisiones de GEI realiza es el de la industria manufacturera (compuesta por los sectores 10 a 33), seguido de cerca por la de Suministro de energía (sectores 35-39).

Gráfico 2.1.1: Emisiones en toneladas de CO_2 equivalente por agregación de ramas de actividad (2008-2018).



Fuente: INE.

De forma desagregada, existen 4 sectores que se encuentran por encima del 95 percentil en emisiones de GEI durante todo el periodo estudiado (2008-2018). Estos sectores son *35: Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado; 01: Agricultura, ganadería caza y servicios relacionados con la misma; 23: Fabricación de otros productos minerales no metálicos y 49: Transporte terrestre y por tubería.* Todos estos sectores han reducido sus emisiones en dicho periodo, exceptuando el sector de la agricultura y la ganadería, que en 2008 emitió 42.093,2 kt[6] y en 2018, 45.513,9 kt.

[5] Clasificación Nacional de Actividades Económicas.
[6] Kilotoneladas.

Es importante tener en cuenta el tamaño de cada sector en función del PIB. Para ello existe la variable intensidad[7] de cada sector, mostrada en la tabla 2.1.1 a partir de los datos de PIB del INE, divididos en los agregados de la CNAE 2009.

Tabla 2.1.1: Evolución de las intensidades por sectores agregados según CNAE en toneladas por millón de euros.

	A	B-E	C	F	G-I	J-U
2008	1701,71	1252,98	778,59	17,57	303,00	17,11
2009	1856,04	1188,26	749,97	13,83	279,21	16,96
2010	1734,72	1077,05	776,50	15,82	277,27	18,05
2011	1790,30	1120,01	738,71	16,15	269,55	17,17
2012	1794,34	1189,51	770,80	16,78	262,45	14,47
2013	1673,52	1039,53	739,39	12,63	257,46	13,29
2014	1819,53	1049,84	718,59	12,81	253,55	12,49
2015	1585,42	1058,02	668,86	12,00	246,64	14,41
2016	1488,08	939,00	648,27	11,53	231,90	14,47
2017	1487,33	964,79	627,50	11,02	229,05	13,67
2018	1457,52	877,79	606,65	9,50	228,18	13,35

Fuente: INE, Elaboración propia.

Los sectores del agregado A corresponden a la agricultura y la ganadería, y son el grupo con una mayor intensidad en todos los periodos. No obstante, esto se debe al bajo valor añadido que generan. Los agregados del B al E, correspondientes a la industria, son los siguientes más contaminantes. Los sectores de la construcción (F) y los servicios (J-U), que excluyen comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas; transporte y almacenamiento y hostelería, tienen una intensidad excepcionalmente baja.

2.2. EMISIONES POR SUSTANCIA

Las sustancias clasificadas como GEI en el protocolo de Kioto son: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). En las cuentas ambientales realizadas por el INE, estas sustancias se contabilizan en toneladas de CO_2 equivalente[8], de manera que su efecto en términos de cambio climático puede compararse con el resto de las sustancias. El CO_2 es el principal causante del cambio climático, alcanzando los datos que se muestran en la tabla 2.2.1. La evolución de las emisiones de CO_2 es irregular, alcanzando su mínimo en 2013 e intercala años de crecimiento y decrecimiento.

Tabla 2.2.1: Emisiones de CO_2 en toneladas en el periodo 2013-2018.

Año	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
CO_2	265.818,3	269.675,1	287.112,2	274.329,1	288.966,6	283.568,1

Fuente: INE.

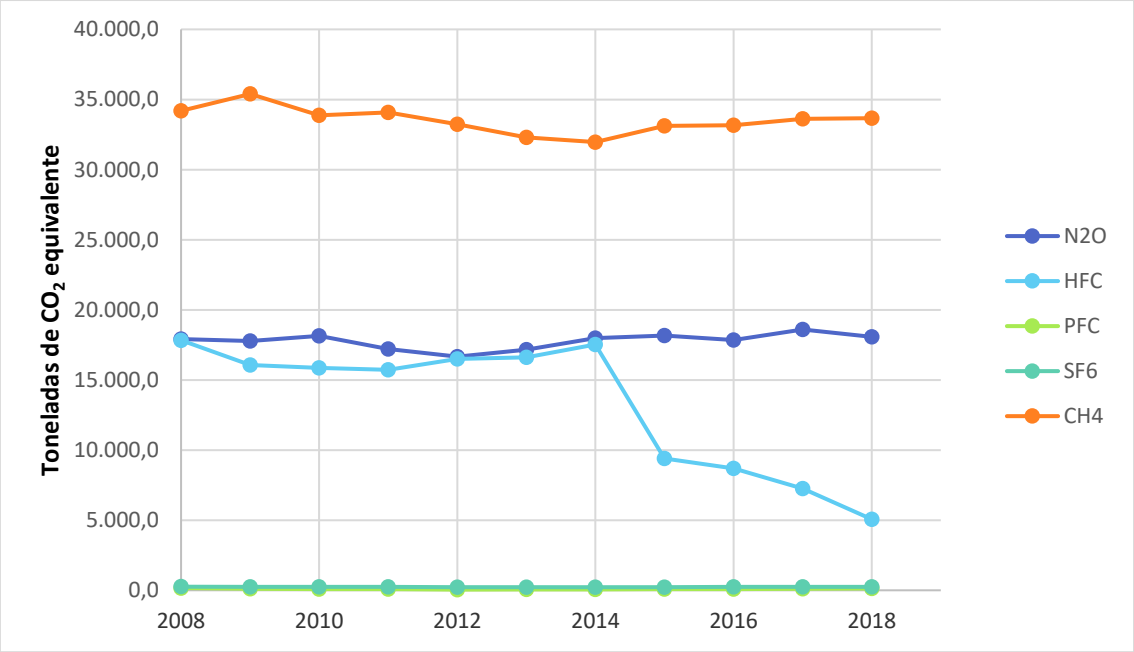
[7] En este caso, la intensidad del PIB se refiere a las emisiones de GEI que se producen por unidad de PIB.

[8] Medida de la huella de carbono que realiza un gas según las toneladas de dióxido de carbono necesarias para causar el mismo efecto invernadero.

Estos valores son muy superiores a los del resto de sustancias, como puede verse en el gráfico 2.2.1. En dicho gráfico se encuentra la evolución del resto de sustancias causantes del efecto invernadero de manera que puedan compararse mejor entre sí al excluir el CO_2.

Uno de los primeros aspectos que caben señalar es la repentina reducción de HFC a partir del año 2014. Los HFC se utilizan como refrigerantes y también están presentes en algunos aerosoles técnicos. Los gases fluorados, entre los que se encuentran los HFC y los PFC, son considerados importantes destructores de la capa de ozono y por ello en 2014 se promovió un reglamento por parte de la Unión Europea (*Reglamento (UE) no 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) no 842/2006Texto pertinente a efectos del EEE*, s. f.) que regulara el uso de los gases fluorados. Con esto se consiguió reducir las emisiones de HFC.

Gráfico 2.2.1: Emisiones de distintas sustancias en toneladas de CO_2 equivalente en el periodo 2008-2018.



Fuente: INE.

Las emisiones de PFC son muy bajas y en el gráfico se encuentran detrás de las emisiones de SF_6.

El metano (CH_4) es el segundo gas de efecto invernadero del que se generan más emisiones, después del CO_2, además de ser un potente contaminante local. Se produce principalmente por la descomposición de basura en vertederos y la fermentación entérica de animales de ganadería. El 14 de octubre de 2020, la Comisión de la Unión Europea publicó un informe en el que se propone una estrategia para reducir las emisiones de metano, con acciones destinadas a mejorar la observación de estas emisiones y promover el desarrollo del mercado de biogás, el cual podría aprovechar estas emisiones de metano (UE, 2020).

Por último, y en lo que se refiere el óxido nitroso (N_2O), sus principales fuentes de emisión son la combustión de biomasa y otros combustibles fósiles y el uso de

fertilizantes. Este gas tiene una larga permanencia en la atmósfera dada su escasa interacción con otros gases.

2.3. IMPORTANCIA DE LOS HOGARES EN LAS EMISIONES DE GEI

Los hogares son uno de los agentes más importantes del total de emisiones de GEI en España. Como se muestra en la tabla 2.3.1, las emisiones de los hogares supusieron un 21% de las emisiones totales en el año 2018, y también rondaron el 20% en los años anteriores.

Tabla 2.3.1: Emisiones de los hogares y porcentaje del total de emisiones, periodo 2008-2018.

	EMISIONES (KT)	PORCENTAJE DEL TOTAL
2008	74.832,0	17,91%
2009	72.695,6	19,28%
2010	72.673,0	20,05%
2011	67.451,8	18,57%
2012	64.564,3	18,03%
2013	65.802,8	19,81%
2014	66.278,5	19,64%
2015	67.616,3	19,42%
2016	70.268,7	21,02%
2017	70.018,7	20,08%
2018	71.404,6	20,96%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Las actividades de producción y consumo están fuertemente ligadas con el uso de energía y, por lo tanto, con las emisiones de GEI, y los hogares son el principal agente de las actividades de consumo. La mayor parte del uso de energía que realizan los hogares se realiza a través del consumo de combustibles fósiles para coches particulares o sistemas de calefacción (Ramiro et al., 2013). Estas emisiones asociadas a los hogares son clasificadas como emisiones directas, realizadas por los propios hogares.

Por otro lado, existen las emisiones contenidas, que engloban aquellas emisiones generadas en los bienes y servicios destinados al consumo de lo hogares. Por ejemplo, los hogares son importantes consumidores de electricidad, cuya producción conlleva una intensa emisión de GEI. Estas emisiones no son generadas por los hogares directamente, pero han de tenerse en cuenta ya que el estilo de vida y los hábitos de consumo, características propias de los hogares, influyen en su tamaño. En España, se estima que el 20% de las emisiones de los hogares son estrictamente directas, lo que podría significar que los hogares son responsables de tres cuartas partes de las emisiones totales si se tienen en cuenta las emisiones contenidas (Serrano, 2019).

Para analizar los hábitos de consumo, es necesario conocer no solo los tipos de productos consumidos por los hogares, sino también los tipos de hogares en función de su renta. Según la clasificación COICOP[9], más del 80% de las emisiones totales de los hogares se deben al gasto en cinco categorías principales: “transporte y comunicaciones”, “alimentos, bebidas y tabaco”, “ocio, cultura y hostelería”,

[9] Classification of Individual Consumption by Purpose.

“electricidad, gas y otros combustibles” y “artículos de vestir y calzado” (Roca Jusmet & Alcántara, 2013). No obstante, no solo es importante el tamaño del gasto en cada una de estas categorías, sino la intensidad[10] de las emisiones de GEI. La intensidad media del conjunto de los hogares españoles en 2019 era de 0,64 kg de CO_2 equivalente por cada euro gastado. La categoría más intensiva en emisiones es “electricidad, gas y otros combustibles”, con una intensidad de 3 kg de CO_2 equivalente por cada euro gastado. Esto significa que, dentro de la lucha contra las emisiones de GEI, las reducciones del gasto en las categorías más intensivas serán más eficaces (Serrano, 2019).

Además, por otro lado, debemos distinguir los tipos de hogares según la renta (y, por lo tanto, el gasto) y las estructuras de su gasto. La elasticidad de las emisiones respecto al gasto es aproximadamente la unidad, por lo que los aumentos del gasto suponen aumentos de las emisiones en porcentajes similares. Es decir, por cada unidad de gasto, se genera una cantidad de emisiones similar por parte de cada hogar con cualquier nivel de gasto, o, dicho de otro modo, las intensidades son similares para distintos niveles de gasto. Esto no significa que la estructura del gasto se mantenga en los hogares con menor y mayor gasto, sino que a medida que aumenta el gasto, se generan cambios compensatorios entre las distintas categorías dentro de esta estructura. Es decir, las familias de menor renta generan las mismas emisiones por unidad de gasto que las familias de mayor renta, pero el gasto se realiza en categorías diferentes. Los hogares de menor gasto dedican una mayor parte de este gasto a la categoría “transporte y comunicaciones”, mientras que los de mayor gasto dedican mayor parte de éste a la categoría “alimentos, bebidas y tabaco”. Ambas categorías son especialmente intensivas en emisiones de GEI, por lo que la intensidad del conjunto de los hogares se mantiene relativamente uniforme a lo largo de los distintos niveles de gasto (Serrano, 2019).

2.4. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN ESPAÑA

A continuación, estudiaremos la evolución de las emisiones de GEI sectoriales en España mediante la construcción de una serie de índices simples. Los índices simples se calculan de la siguiente forma:

$$I_{t/0} = \frac{x_t}{x_0}$$

Donde X es la magnitud cuya evolución deseamos conocer, t representa el periodo actual y 0, el periodo base. Dado que la información estadística de la que disponemos comienza en el año 2008, utilizaremos ese año como año base.

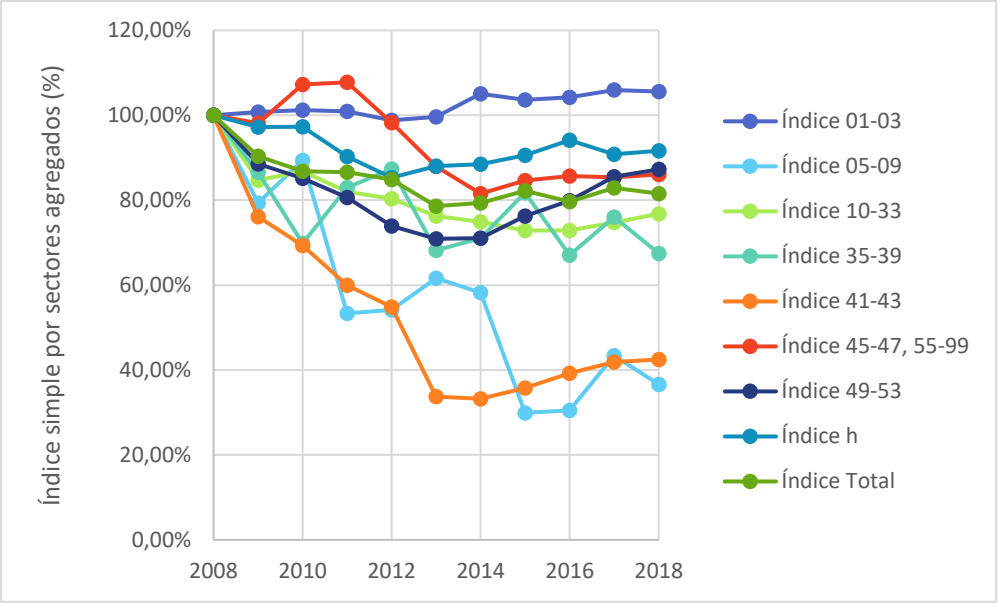
En la tabla 2.4.1. podemos observar la evolución de las emisiones por sectores determinada a partir del cálculo de los índices simples de emisiones para cada grupo de sectores. La agregación sectorial empleada se ha obtenido del INE y está constituida por las ramas utilizadas en el gráfico 2.1.1 del epígrafe 2.1.

En primer lugar, cabe destacar que la gran mayoría de los sectores han reducido sus emisiones de GEI respecto al año base. No obstante, las emisiones son una magnitud que se encuentra estrecha y directamente ligada a la producción, y el retroceso de la producción en algunos sectores en la crisis de 2008 podría explicar estas reducciones

[10] En este caso, la intensidad del gasto se refiere a las emisiones de GEI que se producen por unidad de gasto.

de emisiones. Este caso es, muy probablemente, el de los sectores del 41 al 43, correspondientes a la construcción, que han visto la mayor reducción de sus emisiones respecto a 2008, llegando a representar solo el 33% en 2014. Los sectores del 05 al 09, correspondientes a las industrias extractivas, son, junto con los de la construcción, los que más han reducido sus valores respecto a 2008, representando el índice más bajo de todos los sectores con un 29% en 2015. Aunque la reducción de las emisiones sea esperanzadora, estos dos grupos de sectores no son muy relevantes en términos de emisiones.

Gráfico 2.4.1: Índices simples por sectores agregados y hogares, base 2008, periodo 2008-2018.



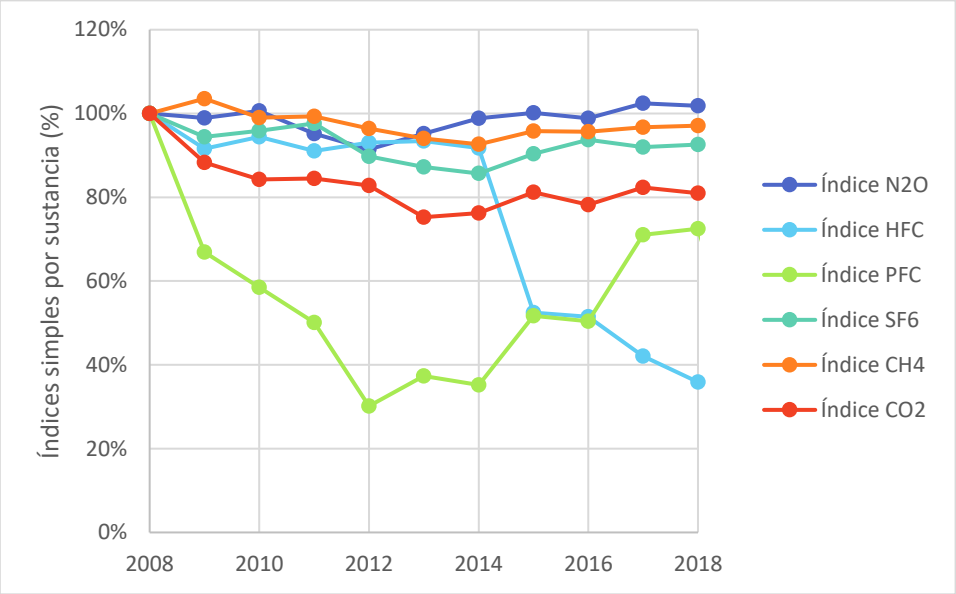
Fuente:Elaboración propia a partir de datos del INE.

Los sectores 01-03, correspondientes a la agricultura y ganadería, son los únicos sectores de los que se puede afirmar que han aumentado sus emisiones respecto al año base, alcanzando un valor del 106% en 2017. Además, la agricultura es un sector con importante participación en las emisiones totales, por lo que estos excesos de pocos puntos porcentuales son más significativos que las grandes reducciones de los sectores previamente comentados. Al igual que estos aumentos, son importantes las reducciones de otros sectores con gran participación en las emisiones totales, entre ellos los sectores de la energía (35-39) y los de la industria manufacturera (10-33). Los índices para ambos sectores se mantienen por debajo del índice de las emisiones totales.

Si hacemos un análisis global, los datos soportan la idea de que las emisiones están directamente relacionadas con la producción. En los primeros años tras la crisis de 2008, las emisiones en la mayoría de los sectores han visto su mayor reducción y es a partir de los años 20013 y 2014 cuando estas reducciones se estabilizan e incluso son revertidas, coincidiendo con el aumento de PIB sostenido que se ha producido entre los años 2014 y 2018. Los hogares, representados con la letra h en la gráfica, utilizarían de forma análoga a la producción la variable gasto, y vemos que cumplirían un patrón similar al del resto de sectores.

En el gráfico siguiente se muestra la evolución de las emisiones según sustancia:

Gráfico 2.4.2: Índices simples por sustancia contaminante, base 2008.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

El estudio de la evolución de las emisiones por sustancia es menos revelador. En general, la mayoría de las sustancias siguen un patrón similar al de los sectores, disminuyendo más en los primeros años tras la crisis que en los últimos. Las excepciones son los HFC y los PFC. La reducción de los HFC se podría explicar por la aparición del Reglamento Nº 517/2014 de la Unión Europea, por el que se establecen reducciones y prohibiciones sobre el uso de gases fluorados. La evolución de los PFC es difícil de explicar ya que también se ve afectada por el reglamento citado. No obstante, los valores de emisiones de PFC son muy poco significativos y, por lo tanto, es razonable pensar que su uso está menos extendido o son menos intensivos en emisiones y por ello las variaciones de sus datos son más radicales.

2.5. TENDENCIA DE LA SERIE TEMPORAL DE EMISIONES

Puede resultar interesante analizar la tendencia de la serie temporal del total de las emisiones a lo largo del periodo considerado. Para ello, utilizaremos medias móviles de (periodo 3) y la recta de ajuste.

Para el cálculo de la serie de medias móviles de periodo 3[11], calcularemos las medias aritméticas de los valores de la serie en grupos de tres de la siguiente manera:

$$y'_j = \frac{\sum_{j=i}^{3+j-1} y_i}{3}$$

Donde y_i son los valores de la serie que estamos estudiando. Se calcula la primera media considerando los 3 primeros datos y se asigna al periodo central de los mismos; la segunda media se calcula para los datos que ocupan los lugares segundo, tercero y cuarto y se asigna a su período central, y así sucesivamente con toda la serie. Una vez aplicado esto, tendremos una serie de valores cuyo número de términos se habrá

[11] Se han calculado medias móviles de período 3 por considerar que 3 es un número razonable de términos, dado el número de años para el que disonemos e información.

reducido en dos datos, ya que para el orden 3 y, por construcción, se “pierden” el primer y último término.

Otro de los métodos para determinar la tendencia de una serie es mediante la aplicación de una técnica de ajuste por mínimos cuadrados ordinarios. Las fórmulas que nos permiten determinar los coeficientes son:

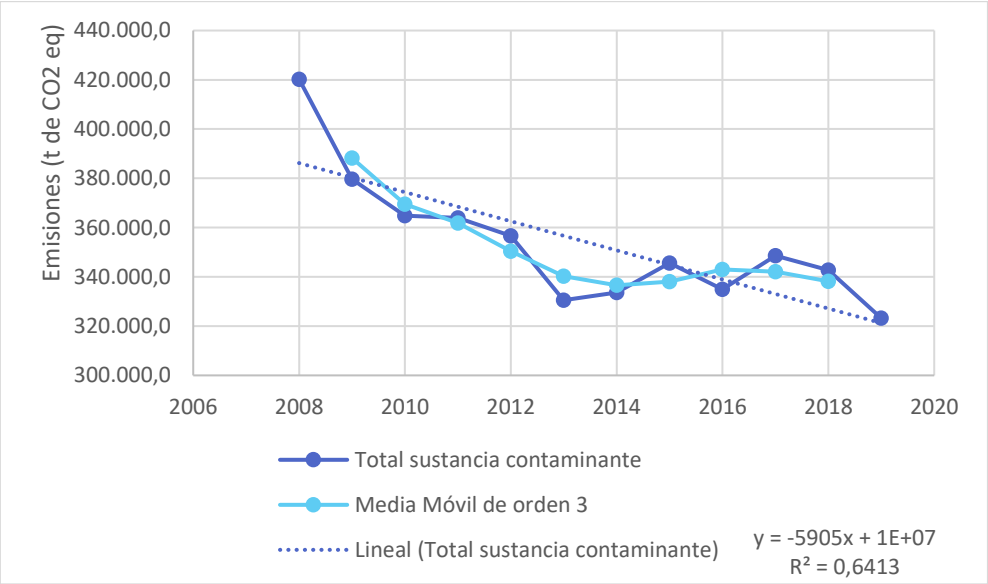
$$a = \bar{y} - b\bar{x}\,, b = \frac{S_{XY}}{S_X^2}$$

Donde a es la ordenada en el origen, b es la pendiente de la recta de ajuste, $\bar{y}$ representa la media de la variable que se está estudiando, $\bar{x}$ representa la media de la variable tiempo, S_{XY} es la covarianza y S_X^2 la varianza de la variable x.

En la figura 2.5.1 se incluyen la representación de la tendencia de la serie determinada tanto por medias móviles como mediante la recta de ajuste del total de sustancias contaminantes. La determinación de la tendencia nos permite conocer la evolución de una serie, en este caso de la serie del total de sustancias contaminantes y permite identificar con más facilidad posibles cambios en la tendencia.

En los primeros años estudiados, la tendencia de la serie es claramente negativa. A partir de 2014, se estabiliza, sin llegar a consolidarse una tendencia positiva antes del año 2018. Esto confirma que las emisiones totales se hallan estrecha y directamente ligadas a la producción.

Gráfico 2.5.1: Tendencia de la serie temporal de emisiones totales.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

La recta de ajuste tiene la siguiente expresión:

$$y = 10^7 - 5905x$$

En la determinación de la tendencia por medio de ajuste mínimo cuadrático, la pendiente de la recta nos proporciona información relevante. La pendiente es de -5905 toneladas de CO_2 equivalentes por año. Esto significa que, en el periodo estudiado de 2008 a

2019, el total de emisiones se reduce 5905 toneladas cada año. Podemos concluir, por lo tanto, que la tendencia de este periodo es negativa.

3. ANÁLISIS DE LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA, GASTO E IMPUESTOS

3.1. EVOLUCIÓN DEL GASTO EN PROTECCIÓN AMBIENTAL

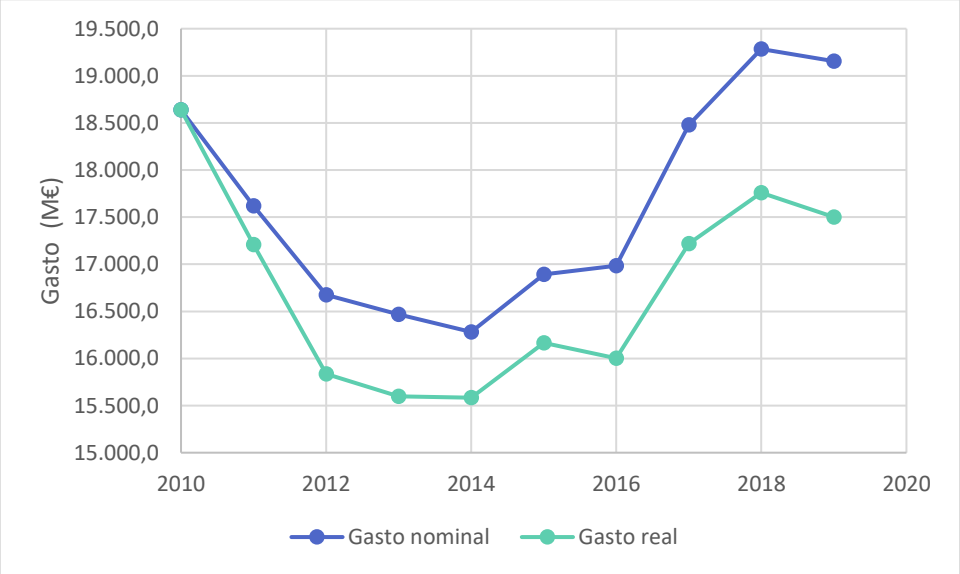
La cuenta de gasto en protección ambiental que presenta el INE distingue varias áreas de gasto, las cuales son gestión de residuos; gestión de aguas residuales; protección del aire, clima, suelos, radiaciones, disminución del ruido y vibraciones; I+D medioambiental y otras actividades; y protección de la biodiversidad y el paisaje.

Para analizar la evolución del gasto total en protección ambiental, construiremos una serie deflactada por el IPC. Los últimos datos disponibles en el INE para el IPC son con base 2016. Dado que la serie de gasto en protección ambiental comienza en 2010, cambiaremos la base a 2010 y observaremos la evolución con mayor facilidad. Para obtener los términos de la serie deflactada, se utiliza la siguiente expresión:

$$X^R_{t,2010} = \frac{X^N_{t,0}}{IPC_{t,2010}}$$

Donde $X^R_{t,2010}$ es el valor real de la variable tomando como año de referencia 2010, $X^N_{t,0}$ es el valor nominal, $IPC_{t,2010}$ es el índice por el que se deflacta, t es el periodo actual y 0 es el periodo base. En este caso, el índice que utilizamos es el IPC, y la base es 2010.

Gráfico 3.1.1: Gasto en Protección Ambiental nominal y Gasto real (Base 2010).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

Los datos en términos nominales oscilan entre los 16.000 millones de € y los 19.500 millones de € en el periodo considerado. El año de mayor gasto es el 2018, con 19.284,3 millones. Como veíamos con otras series anteriores, la crisis económica de 2008 produce una caída del gasto en los años siguientes, que parece comenzar a recuperarse en 2013 y 2014.

Los datos de la serie deflactada reflejan que, a pesar de que en términos nominales el nivel de gasto de 2010 parecía haberse recuperado en el año 2017, no se ha recuperado en términos reales en el periodo estudiado. La diferencia en términos reales del gasto en 2010 frente al gasto en 2019 es de 1.137,18 millones.

Por otro lado, en el informe *Perfil Ambiental de España 2017* elaborado por la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental del Ministerio para la Transición Ecológica, se señala en repetidas ocasiones que el gasto en protección ambiental en 2016 aumenta un 1,4% respecto al año anterior. Sin embargo, y como podemos observar una vez deflactada la serie, el gasto en términos reales disminuye entre los años 2015 y 2016 un 1%.

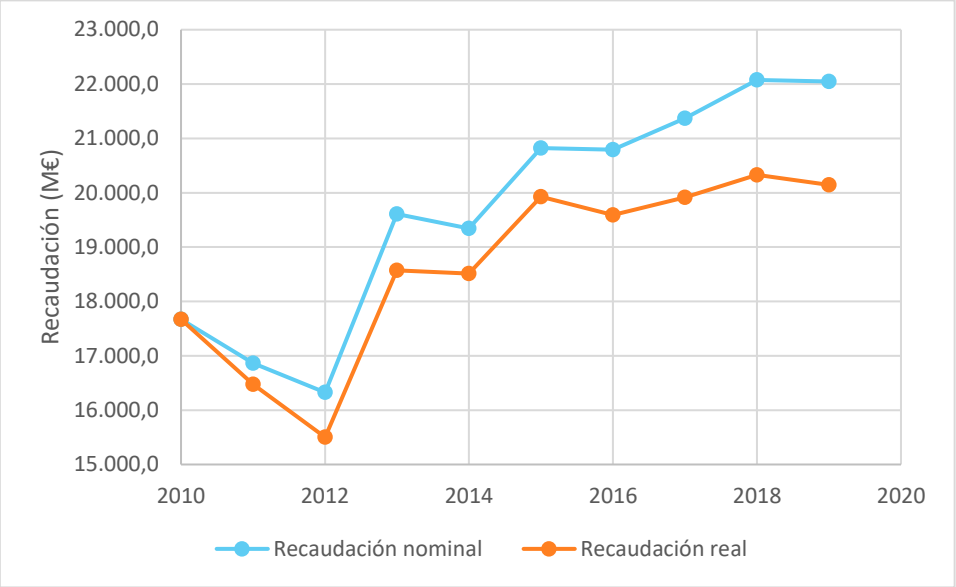
3.2. EVOLUCIÓN DE LOS INGRESOS POR IMPUESTOS MEDIOAMBIENTALES

Los impuestos medioambientales son una herramienta cuyo uso se ha extendido durante las últimas dos décadas. Estos impuestos tienen características especiales respecto a otros, ya que no solo se utilizan con el objetivo de recaudar, sino también de reducir la producción en los sectores que más contaminan. La contaminación en términos económicos es considerada una externalidad negativa y, por lo tanto, los agentes que la producen no tienen incentivos para evitarla. Los impuestos pigouvianos tienen el propósito de trasladar el coste repercutido en la sociedad a los agentes que los generan.

Desde la Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, en la Unión Europea se sigue el principio de “quien contamina, paga”, que deriva de la aplicación de la teoría de Coase sobre asignación de derechos. Esto implica que las empresas contaminantes son las responsables de los daños ambientales que cometan. En España, los impuestos ambientales que existen son el *Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica*, el *Impuesto sobre la producción y almacenamiento de combustible nuclear y residuos radiactivos,* el *Impuesto sobre los gases fluorados de efecto invernadero* y el *Impuesto sobre el valor de la extracción de gas, petróleo y condensados*.

A continuación, estudiaremos la evolución de la recaudación por impuestos medioambientales en España en términos nominales y reales con base 2010. Como vemos en el gráfico 3.2.1, la recaudación en valores nominales oscila entre los 16.000 y ligeramente por encima de los 22.000 millones de euros, alcanzándose el valor más alto en 2018, con 22.075 millones de euros. La evolución es similar a otras variables que hemos visto, pasando por un periodo de reducción de la recaudación en primer lugar, correspondiente con los años posteriores a la crisis de 2008. En términos reales, la recaudación no se recupera hasta el año 2015. Posteriormente, hasta 2019, aumenta a un ritmo suave que apenas es capaz de compensar la inflación.

Gráfico 3.2.1: Recaudación por impuestos medioambientales nominal y recaudación real (base 2010).



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

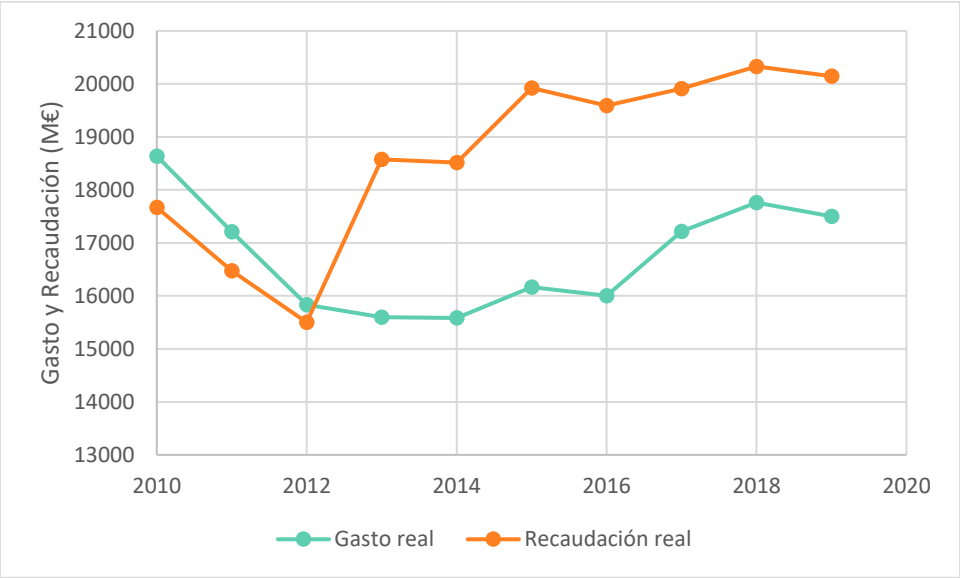
3.3. COMPARATIVA DE LA EVOLUCIÓN DEL GASTO EN PROTECCIÓN Y LOS IMPUESTOS MEDIOAMBIENTALES

Para finalizar, compararemos ambas magnitudes y observaremos su evolución. Generalmente, es interesante comparar el gasto frente a los ingresos por impuestos para comprobar si existe un equilibrio entre ambas partidas. En este caso, al tratarse de un impuesto medioambiental, el equilibrio puede no ser el objetivo principal ya que los impuestos pueden estarse utilizando como una herramienta no solo recaudatoria, y en ocasiones los efectos de los impuestos y el gasto pueden ser aditivos en lugar de compensatorios.

Para realizar la comparación, utilizaremos las variables deflactadas con base 2010. En dicho año existía una diferencia entre las partidas ambientales de 966,5 millones de euros en favor del gasto, es decir, el gasto era mayor que la recaudación en dicha cuantía.

En la gráfica observamos una evolución similar a la que hemos visto en otras variables; una regresión en los primeros años, posteriores a la crisis de 2008, y una evolución favorable los siguientes. No obstante, al comparar ambas series, observamos que la evolución de la recaudación ha sido más favorable que la del gasto. Esto se debe principalmente al gran aumento de la recaudación que se produce en el año 2013.

Gráfico 3.3.1: Evolución de los índices simples con base 2010 de la recaudación por impuestos medioambientales, el gasto en protección medioambiental y el PIB a precios corrientes deflactados con base 2010



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

En la tabla 3.3.1. se puede observar que la tasa de variación de la recaudación fue del 19,8% en 2013, mientras que la mayor tasa de variación interanual del gasto se produce en 2017 y alcanza solamente un valor de 7,6%. La tasa de variación interanual sigue la siguiente expresión:

$$\dot{Y}_t = \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}}$$

Donde $\dot{Y}_t$ es la tasa de variación en el periodo t, Y_t es el valor de la variable cuya tasa se está calculando en el periodo t e Y_{t-1} es el valor de la variable en el periodo t-1. Los resultados son los siguientes:

Tabla 3.3.1: Tasas de variación interanual del gasto en protección ambiental y la recaudación por impuestos ambientales.

	T.V. GASTO	T.V. RECAUDACIÓN
2011	-7,7%	-6,8%
2012	-8,0%	-5,9%
2013	-1,5%	19,8%
2014	-0,1%	-0,3%
2015	3,7%	7,6%
2016	-1,0%	-1,7%
2017	7,6%	1,6%
2018	3,1%	2,1%
2019	-1,5%	-0,9%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

4. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS

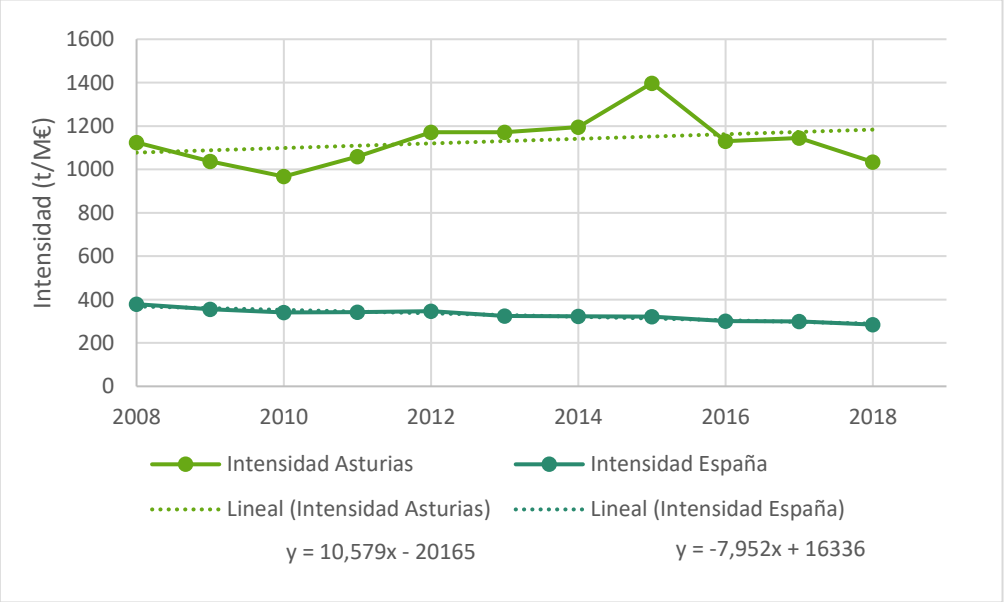
Asturias es, junto con Castilla y León y Galicia, una de las comunidades autónomas de España que generan más emisiones per cápita. No obstante, es necesario estudiar la

estructura de su PIB, ya que se trata de una región tradicionalmente industrial y eso hace que su PIB sea más intensivo en emisiones de GEI.

Hemos calculado las series temporales de las emisiones per cápita y las intensidades de Asturias y España a partir de sus emisiones totales[12], su población[13] y su PIB[14]. De esta manera, podemos comparar las emisiones de GEI entre España y Asturias, al encontrarse en términos relativos.

En la figura 4.1. se muestran las series temporales de las intensidades en emisiones del PIB de Asturias y España. Las diferencias entre las intensidades son grandes, llegando a producirse una brecha máxima de 1077,16 toneladas en 2015, aunque las emisiones de Asturias en ese año parecen excepcionalmente altas. Las intensidades de Asturias se encuentran comprendidas entre 967,03 (2010) y 1397,87 (2015) toneladas por millón de euros, y las de España entre 284,63 (2018) y 378,76 (2008). Las pendientes de sus tendencias son de 10,579 y -7,952 para Asturias y España, respectivamente, lo que indica que está produciendo una divergencia en los últimos años.

Gráfico 4.1: Evolución de la intensidad de las emisiones de Asturias y España, periodo 2008-2018.



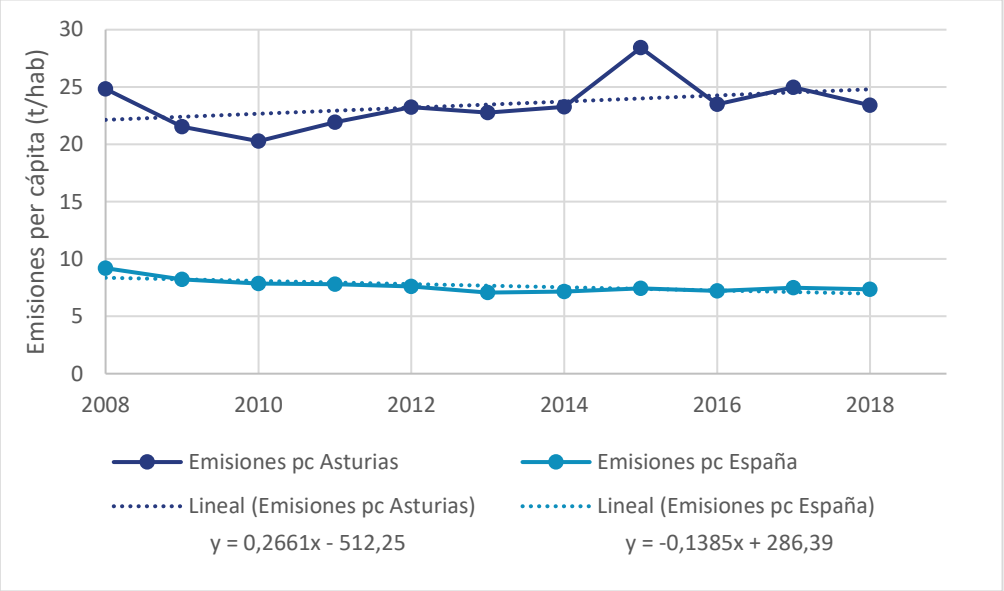
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE y el Ministerio para la transición ecológica.

En el gráfico 4.2. se presentan las emisiones per cápita. La evolución no muestra muchas diferencias respecto a la evolución de las intensidades. Las emisiones per cápita en Asturias se encuentran comprendidas entre 20,27 (2010) y 28,42 (2015) toneladas por habitante, y en España entre 7,07 (2013) y 9,20 (2008) toneladas por

[12] Asturias: Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, Emisiones de GEI por comunidades autónomas a partir del inventario español; España: INE, Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad (CNAE 2009) y Hogares como consumidores finales, sustancias contaminantes y periodo.
[13] INE, Cifras de Población, series detalladas desde 2002 nacionales y por comunidades autónomas.
[14] INE, Resultados por comunidades y ciudades autónomas. Serie Revisión Estadística 2019 (SEC 2010).

habitante. Las pendientes de sus tendencias también divergen, siendo de 0,2661 toneladas por habitante y por año para Asturias y de -0,1385 para España.

Gráfico 4.2: Evolución de las emisiones per cápita en Asturias y España, periodo de 2008-2018.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE y el Ministerio para la transición ecológica.

Se puede concluir que Asturias es tanto en términos per cápita como en términos de la intensidad del PIB más contaminante que la media del territorio español. No obstante, existen factores que pueden justificar este hecho, como la composición de su PIB. En la tabla 4.3. se muestra la proporción del PIB que suponen los grupos de la CNAE de la A a la E, que incluyen la agricultura y el sector industrial. Estos sectores son muy intensivos en emisiones de GEI, y Asturias obtiene una proporción mayor en todos los años del periodo estudiado.

Tabla 4.3: Proporción del PIB que suponen los grupos A-E de la CNAE

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ASTURIAS	19,94%	19,58%	19,41%	19,20%	19,60%	19,67%
ESPAÑA	17,63%	17,45%	17,58%	17,50%	17,51%	17,35%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE.

5. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA UNIÓN EUROPEA

5.1. LA UNIÓN EUROPEA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La Unión Europea es una de las instituciones que mayor compromiso muestran a la hora de combatir y adaptarse al cambio climático. La lucha contra el cambio climático se ha convertido en un tema que no deja de estar presente en las cumbres en que la Unión Europea se encuentra presente. Este compromiso, además, se demuestra desde la adopción de la Unión Europea de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en la Cumbre de Rio de 1992, a la cual siguió la ratificación del Protocolo de Kioto en 2002 y del Acuerdo de París en 2016 (Castroviejo, 2017).

La próxima frontera que la Unión pretende superar es la del Marco sobre Clima y Energía para 2030. Los principales objetivos de esta propuesta son los siguientes:

- Al menos un 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a 1990.
- Al menos un 32% de cuota de energías renovables.
- Al menos un 32,5% de mejora de la eficiencia energética.

Además, esto irá acompañado del impulso del Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE). Existe también una estrategia a largo plazo, para 2050, con la que la Unión pretende convertirse en completamente neutra en su contribución al cambio climático.

5.2. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO POR PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA

Una vez señalada la posición de la Unión Europea respecto al cambio climático, estudiaremos de forma transversal las emisiones de GEI de los países que la conforman.

Para realizar este estudio, es necesario crear una variable que muestre las emisiones en términos relativos y así poder comparar los países entre sí, ya que partimos de las emisiones totales[15]. Por un lado, podemos generar las emisiones per cápita dividiendo las emisiones entre la población[16] de cada país. Por otro lado, podemos calcular la intensidad en emisiones del PIB, las cuales también se pueden obtener en el Eurostat, dividiendo las emisiones entre el PIB[17] de cada país.

No obstante, para poder comparar estas dos variables entre sí, podemos multiplicarlas respectivamente por la población y el PIB totales de la Unión Europea. De esta manera, obtendremos una variable que representa las emisiones de GEI de cada país si todos los países tuvieran el tamaño de la Unión Europea en términos de población, y, por otro lado, otra variable que representa las emisiones de GEI de cada país si todos los países tuvieran el tamaño de la Unión Europea en términos de PIB. A estas variables las hemos llamado “Emisiones ajustadas por la población” y “Emisiones ajustadas por el PIB” y se han calculado utilizando los datos de 2017. Se calculan de la siguiente manera:

$$Y_i^{Ajustada} = \frac{Y_i}{X_i} \times X_{UE}$$

Donde Y_i es el valor de las emisiones totales del país i, X_i es el valor de la variable que utilizamos para ajustar en el país i (bien la población o bien el PIB), y X_{UE} es el valor de la variable por la que se ajusta en el conjunto de la Unión Europea.

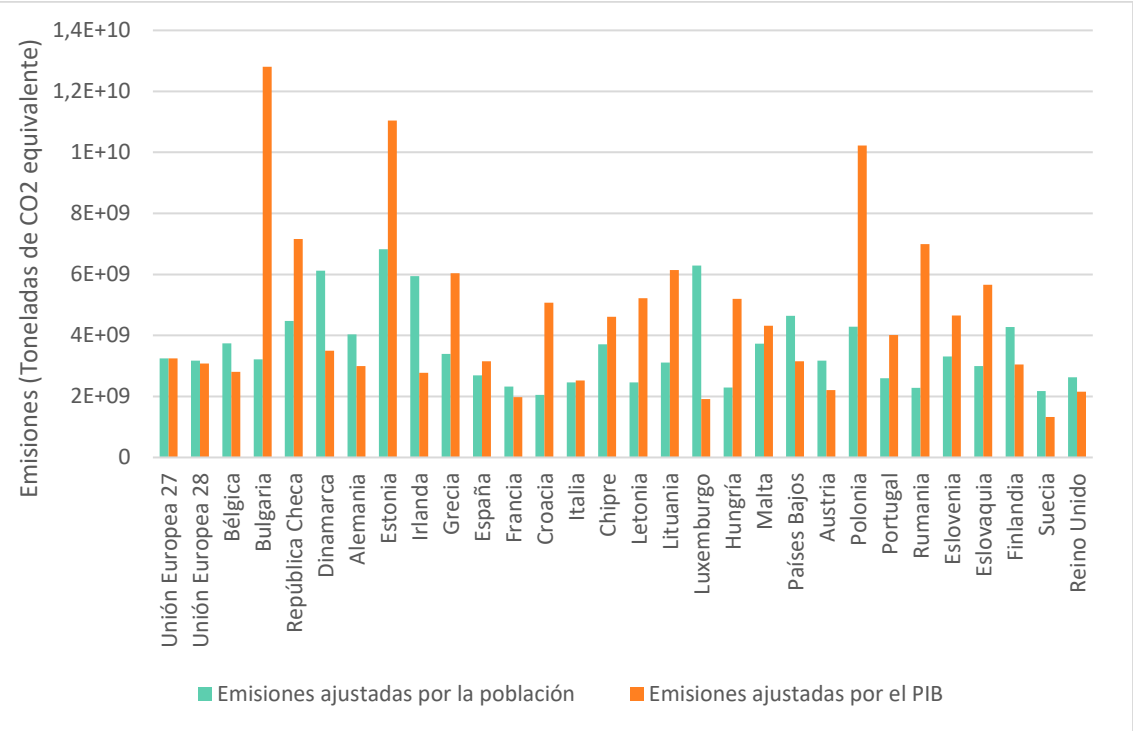
Los resultados se muestran en el Gráfico 5.2.1. Como podemos comprobar, existen diferencias entre las emisiones per cápita y las intensidades de los países de la Unión Europea. Además, las emisiones per cápita parecen tener una distribución más regular en el conjunto de países.

Los países con las intensidades más altas son, principalmente, países de Europa del Este y de la región balcánica. El país con la mayor intensidad de emisiones es Bulgaria

[15] Base de datos del Eurostat; Air Emissions Accounts by NACE rev. 2.
[16] Base de datos del Eurostat; Population on 1 January.
[17] Base de datos del Eurostat; GDP and Main Components (Output, Expenditure and Income).

con 979,55 toneladas de CO_2 equivalente por millón euros de PIB, que contrastan con la media de la Unión Europea de 248,5 toneladas, y aún más con la intensidad de Suecia de 101,5, el país con menos intensidad del PIB en emisiones. Los siguientes países con las mayores intensidades son Estonia y Polonia, con 845,33 y 782,4 toneladas por millón de euros respectivamente.

Gráfico 5.2.1: Emisiones en 2017 por países escalados al tamaño de la UE27 en población y PIB.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Eurostat.

Respecto a las emisiones per cápita, Estonia es el país más contaminante con 15,32 toneladas por habitante, algo más del doble de las emisiones per cápita del conjunto de la Unión Europea (7,29 toneladas por habitante). Luxemburgo y Dinamarca son los siguientes países con mayor contaminación per cápita, con 14,11 y 13,74 toneladas por habitante. Croacia y Suecia son los menos contaminantes en este aspecto, ambos con unas emisiones per cápita por debajo de las 5 toneladas por habitante.

En general, existe una importante distinción entre los países más contaminantes desde el punto de vista de la intensidad y desde el punto de vista de las emisiones per cápita. Los países con las intensidades más altas tienen un PIB más bien bajo. Por otro lado, los países con un PIB per cápita mayor son los que generan más emisiones per cápita, lo cual se encuentra en consonancia con la tesis de que existe una relación directa entre la producción y las emisiones.

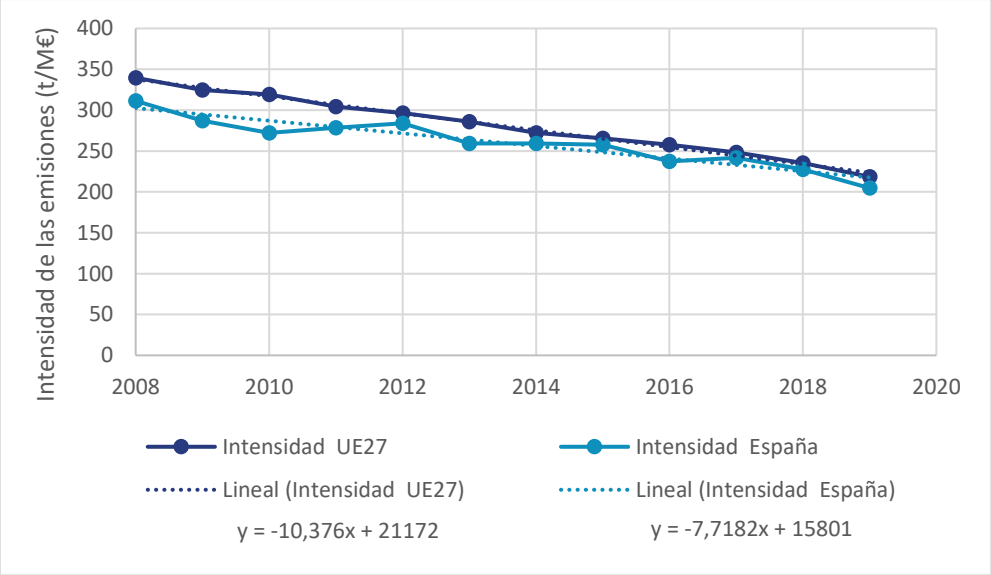
No obstante, existen dos excepciones que pueden servir para un estudio más exhaustivo: Estonia y Suecia. Estonia es quizá el país más contaminante en términos intensivos, ya que, a pesar de tener un PIB per cápita inferior a la media europea, sus emisiones per cápita son las más altas, además de tener la segunda intensidad más alta. Suecia, al contrario, es uno de los países con mayor PIB per cápita y, sin embargo, sus emisiones per cápita son bajas, al igual que su intensidad, por lo que puede ser un buen ejemplo de país limpio para la lucha contra el cambio climático.

5.3. COMPARATIVA ENTRE LAS EMISIONES DE LA UNIÓN EUROPEA Y ESPAÑA

Para comparar las emisiones de la Unión Europea con las de España utilizaremos series temporales anuales de las emisiones per cápita y las intensidades en emisiones del PIB de cada territorio. Utilizaremos los datos del Eurostat de las cuentas citadas en el apartado 5.2, dado que se habrán tomado un criterio unificado.

En el Gráfico 5.3.1. se muestran las series temporales de la intensidad de las emisiones en toneladas por millón de euros. Las intensidades son relativamente similares, especialmente teniendo en cuenta que previamente observábamos las intensidades máximas y mínimas de los países de la Unión Europea y comprobamos las diferencias eran muy significativas. La intensidad de España se mantiene por debajo de la del conjunto de la Unión durante todo el periodo estudiado, alcanzando una brecha máxima en el año 2010, con una diferencia de 46,87 toneladas por millón de euros entre ambas regiones. La tendencia de ambas series es negativa, con una pendiente de -10,38 y -7,72 toneladas por millón de euros y por año para la Unión Europea y España, respectivamente. Esto hace que las series sean convergentes, y alcanzan sus valores mínimos en el año 2019, con unas intensidades de 218,4 y 204,69 toneladas por millón de euros para la Unión Europea y España, respectivamente.

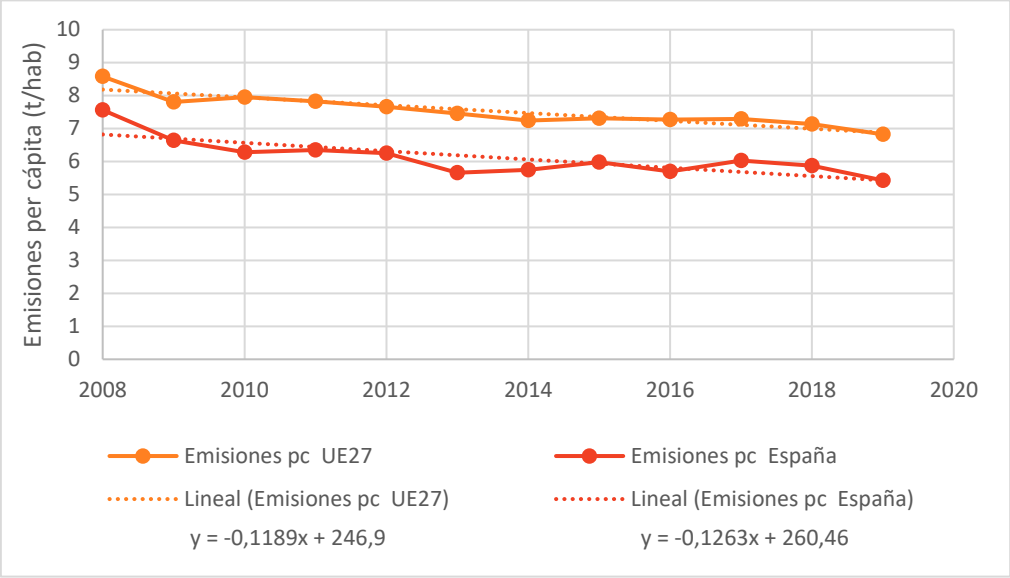
Gráfico 5.3.1: Evolución de la intensidad de las emisiones de la Unión Europea y España, periodo 2008-2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Eurostat.

En el Gráfico 5.3.2. se muestran las series temporales de las emisiones per cápita en toneladas por habitante. La evolución es similar a la que vemos en las intensidades. No obstante, no se produce la convergencia que veíamos previamente. Las pendientes son de -0,1189 y -0,1263 toneladas de CO_2 equivalente por habitante y por año para la Unión Europea y España, respectivamente. Dado que las emisiones per cápita de España están por debajo de las del conjunto de la Unión Europea, existe una ligera divergencia. Las emisiones per cápita mínimas se alcanzan en el último periodo estudiado, 2019, y son de 6,83 toneladas por habitante para la Unión Europea y 5,43 para España.

Gráfico 5.3.2: Evolución de las emisiones per cápita de la Unión Europea y España, periodo 2008-2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Eurostat.

6. CONCLUSIONES

Por la parte de la producción, los sectores que más emisiones de GEI generan en España son, siguiendo la CNAE 2009, el *35: Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado; 01: Agricultura, ganadería caza y servicios relacionados con la misma; 23: Fabricación de otros productos minerales no metálicos y 49: Transporte terrestre y por tubería.* Especialmente importante es el sector de la agricultura, dado que es el único sector de los nombrados que ha aumentado sus emisiones en el periodo 2008-2018. Además, este sector tiene el valor añadido más intenso en emisiones. Los hogares, que representan el consumo, son responsables de aproximadamente un 20% de las emisiones totales en los últimos años.

La evolución del conjunto de las emisiones corrobora que existe una relación positiva entre estas y la producción. La tendencia de las emisiones en el periodo 2008-20018 es negativa.

Las emisiones por sustancia en España están compuestas en su mayor parte por CO_2, el principal gas de efecto invernadero. Los siguientes GEI más importantes son el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y el grupo de los hidrofluorocarbonos (HFC). Todos estos gases siguen una evolución similar en el periodo 2008-2018, excepto los HFC, que se ven mermados con la entrada en vigor del Reglamento Nº 517/2014 de la Unión Europea.

El gasto en protección ambiental y la recaudación por impuestos ambientales parten de cuantías similares en el año 2010. No obstante, la evolución de la recaudación en los años siguientes es más favorable, principalmente debido a un aumento del 19% en el año 2013. En términos reales, el gasto en protección ambiental no ha superado su valor de 2010 en el periodo 2010-2019.

La intensidad en emisiones del PIB de Asturias y las emisiones per cápita son mucho mayores que las de España. Además de ser mayores, su tendencia en el periodo 2008-2018.parece ser positiva, por lo que existe una divergencia entre las emisiones de

Asturias y España. Esto puede deberse, en parte, a la composición del PIB, ya que Asturias es una zona especialmente industrializada.

En el año 2017, en la Unión Europea existían diferencias entre los países con mayor intensidad del PIB y con mayores emisiones per cápita. Los países con las intensidades más altas tienen un PIB bajo y se encuentran principalmente al este de Europa. Los países con mayores emisiones per cápita son países con PIB grande. Las dos principales excepciones son Estonia y Suecia. Estonia es un país de bajo PIB, con altas emisiones per cápita y alta intensidad del PIB, por lo que podría considerarse el país más contaminante de la UE. Suecia, por el contrario, es un país con PIB alto cuyas emisiones per cápita e intensidad del PIB son bajas, por lo que podría considerarse el país más limpio de la UE.

España mantiene sus emisiones per cápita y su intensidad del PIB por debajo de las de la Unión Europea en su conjunto, pero ambas tienen una tendencia negativa. Sin embargo, las emisiones per cápita son ligeramente divergentes y las intensidades, ligeramente convergentes.

7. BIBLIOGRAFÍA

IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

Allen, M.R., O.P. Dube, W. Solecki, F. Aragón-Durand, W. Cramer, S. Humphreys, M. Kainuma, J. Kala, N. Mahowald, Y. Mulugetta, R. Perez, M. Wairiu, and K. Zickfeld, 2018: Framing and Context. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

ONU. Organización de las Naciones Unidas. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio climático. Nueva York: 1992.

ONU. Organización de las Naciones Unidas. Protocolo de Kioto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Japón; 1998.

European Comission (14 de octubre de 2020). *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions on an eu strategy to reduce methane emissions*

Ramiro, R. G., Sánchez, D. A. R., & Gallego, D. S. Á. (2013). *Estudio de la Huella de Carbono de los hogares españoles: Evolución nacional (1998-2011) y por Comunidades Autónomas (2006-2011)*. 184.

Reglamento (UE) no 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) no 842/2006Texto pertinente a efectos del EEE. (s. f.). 36.

Roca Jusmet, J., & Alcántara, V. (Eds.). (2013). *La responsabilidad de la economía española en el calentamiento global*. Los Libros de la Catarata.

Serrano, M. (2019). *Consumo privado de los hogares y emisiones de gases de efecto invernadero en España*. 3.

the PAGES 2k Consortium, Abram, N. J., McGregor, H. V., Tierney, J. E., Evans, M. N., McKay, N. P., & Kaufman, D. S. (2016). Early onset of industrial-era warming across the oceans and continents. *Nature*, *536*(7617), 411-418. https://doi.org/10.1038/nature19082

Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare.*

Miguel Castroviejo Bolíbar (2017). *La política de la Unión Europea en materia de cambio climático*. Cuadernos de estrategia, ISSN 1697-6924, Nº. 193, 2017 (Ejemplar dedicado a: El cambio climático y su repercusión en la defensa), págs. 75-128.

Ministerio para la Transición Ecológica (España) (2018). *Perfil ambiental de España 2017.*

INE. Instituto Nacional de Estadística (12 de noviembre de 2020). *Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad (CNAE 2009) y Hogares como consumidores finales, sustancias contaminantes y periodo.* Disponible en: https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t26/p084/base_2010/serie/l0/&file=01001.px&L=0

INE. Instituto Nacional de Estadística (17 de diciembre de 2020). *Gasto nacional en protección ambiental por ámbito de protección ambiental, estructura porcentual y tasas de variación interanuales.* Disponible en: https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t26/p088/serie/l0/&file=01001.px&L=0

INE. Instituto Nacional de Estadística (13 de noviembre de 2020). *Cuenta de impuestos ambientales por clase de impuesto, ramas de actividad (CNAE 2009) y Hogares como consumidores finales.* Disponible en: https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t26/p085/rev_2019/serie/l0/&file=01001.px&L=0

INE. Instituto Nacional de Estadística (17 de diciembre de 2020). *Contabilidad regional de España. Resultados.* Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736167628&menu=resultados&idp=1254735576581#!tabs-1254736158133

INE. Instituto Nacional de Estadística (15 de diciembre de 2020). *Cifras de población, resultados.* Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176951&menu=resultados&idp=1254735572981

Eurostat. Database (27 de enero de 2021). *GDP and main components (output, expenditure and income).* Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nama_10_gdp/default/table?lang=en

Eurostat. Database (3 de julio de 2020). *Population on 1 January by age and sex.* Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/demo_pjan/default/table?lang=en

Eurostat. Database (21 de diciembre de 2020). *Air emissions accounts by NACE Rev. 2.* Disponible en: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_ac_ainah_r2/default/table?lang=en