

MEMORIA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

El alcance de los datos masivos en la economía ambiental
(The potential of big data on environmental economics)

Autor/a: D Jonás Andrés Melián Ramos

Tutor/a: D^a Noemí Padrón Fumero

Grado en ECONOMÍA
FACULTAD DE ECONOMÍA, EMPRESA Y TURISMO
Curso Académico 2014 / 2015

LA LAGUNA, A 1 DE JULIO DE 2015

Dña. Noemí Padrón Fumero del Departamento de Economía Aplicada y métodos cuantitativos

CERTIFICA:

Que la presente Memoria de Trabajo Fin de Grado en Economía titulada *El alcance de los datos masivos sobre el medio ambiente* y presentada por el alumno Jonás Andrés Melián Ramos

realizada bajo mi dirección, reúne las condiciones exigidas por la Guía Académica de la asignatura para su defensa

Para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo la presente en La Laguna a 1 de julio de dos mil quince

El/La tutor/a o Los/as tutores/as

Fdo: Dña Noemí Padrón Fumero

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Noemí Padrón Fumero', with a long horizontal flourish extending to the right.

LA LAGUNA, A 1 DE JULIO DE 2015

ÍNDICE DE CONTENIDOS DEL TRABAJO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES.....	3
1.1.1 El cambio climático.....	4
1.1.2 Destrucción de la capa de ozono.....	5
1.1.3 Pérdida de biodiversidad.....	5
1.2 ECONOMÍA AMBIENTAL.....	6
1.2.1 Fallos de mercado.....	7
1.2.2 Externalidades.....	8
1.2.3 Bienes comunales y públicos.....	10
1.3 ALCANCE DE LOS DATOS MASIVOS.....	11
1.3.1 El concepto de los datos masivos.....	12
1.3.2 Implicaciones de los datos masivos.....	13
1.3.3 Iniciativas gubernamentales para el libre acceso de los datos.....	14
CAPITULO II: ANÁLISIS EMPÍRICO.....	15
2.1 METODOLOGÍA.....	15
2.2 CONSIDERACIONES DEL PRTR.....	16
2.3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	18
2.3.1 GEI por C.C.A.A.....	18
2.3.2 GEI por CNAE.....	20
2.3.3 GEI por CNAE para el caso de Canarias.....	21
2.4 PROPUESTA DE INDICADORES ECONÓMICOS.....	24
2.5 GELOCALIZACIÓN.....	27
2.5.1 GEI.....	28
2.5.2 Metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (COP).....	28
2.5.3 Sustancias que afectan a la capa de ozono.....	30
CONCLUSIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXO.....	35

ÍNDICE DE TABLAS, CUADROS, FIGURAS Y GRÁFICOS

RELACIÓN DE CUADROS:

Cuadro 2.1: <i>Clasificación de las sustancias contaminantes</i>	16
Cuadro 2.2: <i>Conversión de los GEI en CO₂ equivalente (1 ton = X ton de CO₂ eq.)</i>	17
Cuadro 2.3: <i>Principales resultados del análisis del PRTR</i>	24

RELACIÓN DE TABLAS:

Tabla 2.1: <i>Miles de habitantes por C.C.A.A.</i>	35
Tabla 2.2: <i>Miles de toneladas de CO₂ equivalente por C.C.A.A.</i>	35
Tabla 2.3: <i>Kilogramos de CO₂ equivalente per cápita por C.C.A.A.</i>	18
Tabla 2.4: <i>Miles de toneladas de CO₂ equivalente por CNAE</i>	21

RELACIÓN DE GRÁFICOS:

Gráfico 2.1: <i>Kilogramos de CO₂ equivalente per cápita por C.C.A.A.</i>	19
Gráfico 2.2: <i>Toneladas de CO₂ equivalente por CNAE en Canarias</i>	22
Gráfico 2.3: <i>Miles de toneladas de CO₂ equivalente por CNAE en España</i>	23
Gráfico 2.4: <i>Indicadores de eficiencia económica para el refino del petróleo y la industria química (€/toneladas)</i>	26
Gráfico 2.5: <i>Indicador de intensidad de CO₂ para el refino de petróleo y la industria química (toneladas/trabajador)</i>	27

RELACIÓN DE MAPAS:

Mapa 2.1: <i>Kg de GEI por provincias</i>	28
Mapa 2.2: <i>Kg de metales pesados por provincias</i>	29
Mapa 2.3: <i>Kg de COP por provincias</i>	29
Mapa 2.4: <i>Kg de sustancias precursoras/agotadoras de ozono por complejos industriales</i>	30

RESUMEN DEL TRABAJO

El objetivo de este trabajo es analizar cómo la disponibilidad de grandes bases de datos afecta al seguimiento y evaluación de las políticas ambientales y a la valoración del medio ambiente por los individuos. De forma breve, la metodología utilizada se basa en la utilización del Excel para realizar el análisis descriptivo, en la elaboración de las ratios económicas relacionando la fuente de datos del INE con los datos obtenidos del registro, y en la representación de los mapas geocalizando las emisiones y los complejos industriales a través del software Tableau. Por último, los resultados obtenidos proporcionan un gran avance en relación a la falta de disponibilidad de la información medioambiental que se tenía hasta ahora, puesto que se partía de unos niveles de información bajos. Sin embargo, para evaluar el potencial de la herramienta de los datos masivos, las investigaciones no pueden permanecer en el progreso actual. (148 palabras)

Palabras claves: datos masivos, registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes en España (PRTR), Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE) y gases de efecto invernadero (GEI)

ABSTRACT

This report is aimed to analyze how big data disclosure affects the monitoring and evaluation of environmental policies, as well as to analyze if individual's or social values for the environment may be affected by the disclosure of pollution information. Briefly, the methodology is based on data analysis with Excel for the descriptive analysis, the calculation of pollution-economic indicators, linking the INE data with pollution data bases and showing the maps that locate emissions and industries with Tableau software. Finally, the obtained results provide us a good progress regarding the lack of environmental disclosure, which started with a very poor level of information. Nevertheless, to evaluate the potential of the big data tool, further research on the issue must be developed. (121 words)

Keywords: big data, Spanish Register of Emissions and Pollutant Sources (PRTR), National Classification of Economic Activities (CNAE) and greenhouse gas (GHE)

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación sobre la atmósfera, el suelo, el agua o la pérdida de biodiversidad constituyen problemas medioambientales fundamentales que los países y las organizaciones supranacionales tratan de resolver. La evaluación de las políticas ambientales está determinada por el grado de cumplimiento adquirido por cada país en los compromisos internacionales. Los esfuerzos y recursos destinados a combatir diferentes problemas de esta índole vienen justificados por el interés social que genera el entorno natural en todas sus dimensiones.

Desde los distintos organismos internacionales se destaca la importancia de recoger, divulgar y acceder a la información para la supervisión, orientación y desarrollo de las políticas ambientales. Las investigaciones destinadas a recabar información ambiental contribuyen a supervisar el cumplimiento de las políticas ambientales, sin embargo la efectividad de estas políticas ambientales está limitada por las deficiencias en los datos y la falta de transparencia.

En la última década se ha producido un cambio en la forma de analizar la información en todos los campos de estudio con el fenómeno de los datos masivos, que también se traslada al medio ambiente. Los datos masivos simplemente hacen referencia a grandes bases de datos sin estructura predeterminada. Así mismo, el cambio de disponibilidad de información se produce con el desarrollo de internet y herramientas de procesamiento en la computación. No obstante, es necesaria una legislación adecuada para que dichas bases de datos sean accesibles al público (open data).

Dicho lo anterior, nos preguntamos de qué forma puede influir la disponibilidad de las enormes cantidades de datos a la valoración del medio ambiente por los individuos y a la supervisión de las políticas ambientales. En primera instancia, el objetivo principal es recopilar la literatura en relación a los problemas ambientales en términos económicos y los datos masivos. Y en segunda instancia, el objetivo es analizar los datos del registro estatal de emisiones y fuentes contaminantes para realizar aplicaciones económicas de los datos obtenidos.

El Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR, en sus siglas en inglés) es un registro que pone a disposición del público información sobre las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo de las sustancias contaminantes de los principales complejos industriales españoles. Estos datos reflejan el seguimiento del cumplimiento de la Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero de 2008, relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación, conocida como Directiva IPPC. Las bases de datos del registro se descargan en formato XML y se combinan con otro tipo de información como la empresa matriz, el código postal o la cuenca hidrográfica, para poder analizar ampliamente la información a través de tablas dinámicas.

Después de seleccionar la información y relacionar las variables necesarias, realizamos el análisis descriptivo centrado en los gases de efecto invernadero (GEI). Para ello, normalizamos todos los gases a CO₂ equivalente con los potenciadores de cambio climático establecidos por la normativa de IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático). El análisis se desarrolla por ámbito geográfico, a nivel sectorial y para el caso de Canarias por complejos industriales.

Una vez hemos obtenidos los resultados, cruzamos la información con otras fuentes de datos oficiales del INE (PIB a precio de mercado, remuneración de asalariados y empleo

total), con el objetivo de proponer indicadores económicos. Por un lado, disponemos de unos datos económicos delimitados por sectores económicos y extraídos del INE. Por otro lado, los datos sobre las emisiones GEI de los complejos industriales son obtenidos por CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas), que es el código utilizado por el INE. Entonces, para proponer ratios económicos es necesario evaluar la representatividad de las emisiones GEI de los sectores económicos recogidos en el PRTR.

Por último, utilizamos una herramienta de geolocalización para representar la información de las sustancias contaminantes en mapas, a través del software Tableau. El objetivo principal es aportar una valoración añadida al medio ambiente mediante la visualización de la contaminación en mapas. En este apartado nos preguntamos en qué medida los mapas pueden ayudar a que los individuos visualicen de forma más cercana la contaminación. Al contrario de lo que sucede con la valoración de la destrucción de una ciudad por un terremoto, las emisiones tienen la singularidad de que son muy difíciles de percibir con el ojo humano. Por tanto, la representación de las sustancias contaminantes puede modificar la valoración del individuo sobre el medio ambiente.

La estructura de los contenidos del trabajo está expuesta en función de los objetivos marcados. Aparte de la introducción y las conclusiones, el desarrollo está dividido en dos grandes capítulos, el primero atiende al marco teórico y el segundo al análisis empírico. En el marco teórico, tratamos de recopilar la posible literatura relacionada con la temática del trabajo. Este capítulo se divide en tres partes: los problemas ambientales, la economía ambiental y el alcance de los datos masivos.

En primer lugar, describimos los principales problemas ambientales y las políticas implementadas para hacer frente a dichos problemas. Nos centramos en tratar de explicar tres de los principales retos ambientales de la actualidad. En particular, el cambio climático como principal objetivo de las organizaciones supranacionales y de los estados, la destrucción de la capa de ozono que es el reflejo de la cooperación de los países para afrontar un determinado problema ambiental y la pérdida de biodiversidad analizando sus principales posturas.

En segundo lugar, mencionamos los conceptos más relevantes de la economía ambiental para poder entender las aplicaciones económicas resultantes de la base de datos. En concreto, definimos los fallos de mercado para el caso de los bienes ambientales, explicamos las externalidades y las distintas posturas adoptadas para solucionarlas y citamos los inconvenientes de los bienes comunales y públicos.

En tercer lugar, señalamos la falta de información medioambiental como el mayor obstáculo para evaluar la efectividad de las políticas ambientales y la valoración del entorno natural por los individuos. De forma precisa, introducimos el concepto de los datos masivos, analizamos las implicaciones de los datos masivos de forma general y por último, desarrollamos las consideraciones a tener en cuenta en el análisis de los datos masivos e introducimos las iniciativas gubernamentales para el libre acceso de los datos.

En el análisis empírico, analizamos la base de datos del PRTR con la finalidad de realizar aplicaciones económicas. Antes de llevar a cabo el análisis descriptivo de la base de datos, describimos en un apartado la metodología utilizada de forma más desglosada y en otro apartado, las consideraciones previas a tener en cuenta del PRTR.

Sobre el análisis descriptivo, analizamos la información de los gases contaminantes de las industrias españolas por ámbito geográfico, en concreto por comunidades autónomas, por sector económico a través del código CNAE, y por último, para el caso de Canarias,

por complejos industriales. En este punto, desglosamos la información de los contaminantes hasta señalar cuál es el complejo industrial que está implicado, a la vez comparamos el caso de Canarias con los resultados obtenidos a nivel nacional.

Después de obtener los resultados más destacados del análisis descriptivo, cruzamos la información del registro estatal con la base de datos por CNAE que tiene a disposición del público el INE. Los indicadores propuestos por sectores económicos son los siguientes: a) PIB a precios de mercado/Emisiones GEI b) Remuneración de asalariados/Emisiones GEI y c) Emisiones GEI/Empleo total. El principal inconveniente es la representatividad de las emisiones de GEI recogidas por el PRTR, puesto que el registro solo hace públicas aquellas sustancias contaminantes que superen un determinado umbral que está determinado por la directiva europea de IPPC. Por otra parte, el INE clasifica varios sectores del código CNAE en agrupaciones de sectores más grandes, por lo que dependiendo del sector analizado, se podrá dar un resultado coherente o no. Sobre ello, los principales sectores analizados serán los que más contribuyan a las emisiones de GEI.

Para finalizar, utilizamos el software Tableau con el objetivo de geolocalizar las emisiones recogidas en la base de datos. La representación de las sustancias contaminantes en los mapas se centra en los GEI por provincias a través del tamaño de los puntos, los metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (COP) por provincias y a través de la intensidad de los colores y por último, las sustancias precursoras y agotadoras de ozono en el mismo mapa para el caso solo de Canarias por complejos industriales, a través del tamaño de los puntos y de la latitud y longitud de cada complejo.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

El programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) presenta en su informe GEO-5¹ los principales problemas ambientales a los que nos enfrentamos y los retos para poder combatirlos. Aunque, para afrontar determinados problemas ambientales como el cambio climático es necesario actuar a nivel intergubernamental. En Europa, se ha logrado un avance considerable en materia de política ambiental.

En cuanto al clima, las medidas tomadas se han orientado fundamentalmente a la constitución de un impuesto al carbono y al establecimiento de un sistema de comercio de emisiones. Además, los países europeos, con el fin de promover el desarrollo sostenible, han progresado en la limitación y reducción de las emisiones según lo ratificado en el Protocolo de Kyoto. El informe IPCC del 2014 sobre el cambio climático y responsabilidades políticas señala como objetivo, estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 2050 a nivel mundial para limitar la concentración global de estos gases a 450ppm-550ppm, es decir, aceptar un aumento de la TMST (temperatura media de la superficie de la Tierra) de 2-3 grados.

Es necesario recalcar que los esfuerzos en política ambiental también se enfocan en otros problemas. En particular, las actividades más reguladas se centran en la prevención, reutilización y reciclaje de residuos sólidos, el establecimiento de áreas protegidas para la conservación de la biodiversidad, la gestión más eficiente del uso de las cuencas

¹ GEO-5 es el acrónimo en inglés de “Global Environment Outlook 5” (2012).

hidrográficas a través de mecanismos de precios y el control de emisiones contaminantes y dañinas para la salud (GEO-5,2012).

La evaluación de estas políticas atiende al desafío de combatir una serie de determinados problemas ambientales. A continuación se exponen dichos problemas con la finalidad de resaltar la importancia del medio natural en el funcionamiento de la sociedad.

1.1.1 El cambio climático

Uno de los problemas en el que el GEO-5 hace hincapié es el cambio climático, pero no podemos citar las consecuencias de este proceso sin antes explicar el funcionamiento del efecto invernadero. El sol emite radiaciones al planeta. Una parte de estas radiaciones calientan la superficie terrestre y el resto se refleja de vuelta al espacio, al calentar la superficie se emite radiación infrarroja que es absorbida por los gases de efecto invernadero (GEI) y dichos gases vuelven a emitir la radiación a la atmósfera y a la superficie.

El proceso de efecto invernadero se produce de forma natural, pero al mismo tiempo la actividad socioeconómica acelera el proceso. Desde la Revolución Industrial, los sistemas productivos se desarrollan con la combustión, cada vez mayor, de minerales fósiles. En esta fase, se emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera que absorben mayores cantidades de radiación infrarroja y en consecuencia aumenta la temperatura del planeta de forma considerable. De esta forma, el cambio climático se define como las variaciones del clima resultantes de la actividad económica y social de los individuos. Derivada de esta actividad, la pérdida de bosques y selvas en todo el mundo contribuye al cambio climático puesto que se libera el CO₂ que las plantas tienen almacenado.

El cambio climático se ha convertido en eje central de los congresos sobre medio ambiente celebrados en las últimas décadas. Su importancia radica en que sus consecuencias directas e indirectas nos llevan a cambios irreversibles para la sociedad, según se redacta en el informe de IPCC (2014). Desde cambios en los patrones de las mareas hasta la pérdida de biodiversidad de los ecosistemas suponen un importante argumento para que las políticas ambientales se centren en frenar el cambio climático.

En particular, el cambio climático genera impactos con efectos directos e indirectos, de los que citamos a continuación algunos de ellos. Como efectos directos se encuentran los fenómenos meteorológicos extremos, esto se traduce en olas de calor e inundaciones entre otros, el aumento del nivel del mar y la acidificación de los océanos que pone en riesgo la existencia de los arrecifes de coral, huracanes, ciclones y pérdida de glaciares. Como efectos indirectos, principalmente encontramos la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas, la disponibilidad del agua, la demanda energética e impactos sobre la salud (enfermedades vectoriales).

En definitiva, varios son los objetivos ratificados históricamente en los acuerdos internacionales. De forma ilustrativa, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático (CMNUCC, 1992) tuvo como meta estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero a unos niveles que no sean peligrosos con el cambio climático, dichas reducciones de emisiones se aprobaron más adelante en el Protocolo de Kyoto² (CMNUCC, 1998). Los compromisos iniciados en 1992 siguieron con los acuerdos de Cancún (CMNUCC, 2011) para reducir las emisiones mundiales y limitar el aumento de temperatura media del planeta a 2 grados sobre los niveles preindustriales.

² Reducción de al menos el 5% de los países del Anexo I para 2012 en comparación con 1990.

Teniendo que en cuenta que el problema del cambio climático se debe resolver a nivel internacional, puesto que el origen de las emisiones afecta por igual a todo el planeta, citamos la última CMNUCC que se celebrará en París a finales de año. En concreto, la COP 21 tiene como objetivo mundial combatir con el cambio climático impulsando economías bajas en carbono. Se persigue una reducción de GEI teniendo en cuenta las capacidades de cada país. Por último, el acuerdo entrará en vigor a partir de 2020.

Avanzando en nuestro razonamiento, los estados miembros de la Unión Europea se han comprometido para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (EEA, 2009), para ello las metas acordadas se basan en una reducción del 20% sobre las emisiones de 1990, una reducción del 20% en el uso de energía primaria en relación a los niveles proyectados, y además el 20% de la energía tiene que proceder de las energías renovables.

1.1.2 Destrucción de la capa de ozono

Los acuerdos internacionales alcanzados en la Convención de Viena³ (1985) y el Protocolo de Montreal⁴ (1987) para la protección de la capa de ozono estratosférica, no solo nos sugieren que la destrucción de la capa de ozono es un problema ambiental de gran importancia, sino que es posible llegar a un pacto en el que muchos países involucrados se coordinan con el objetivo de solucionar un desastre ambiental de escala planetaria. Resulta lógico pensar en que un pacto de estas magnitudes se pueda dar con el problema del cambio climático.

Desde 1987, el Protocolo de Montreal se ha revisado en varias ocasiones de acuerdo con el primer objetivo establecido de proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos que generan las modificaciones de la capa de ozono por la actividad humana. La última revisión en Beijing (1999), amplía las sustancias que agotan y modifican la capa de ozono.

La destrucción de la capa de ozono es un problema para la supervivencia, prácticamente, de cualquier forma de vida. El ozono estratosférico absorbe las radiaciones ultravioletas-B procedentes del Sol. Una exposición desmedida sobre estas radiaciones puede afectar tanto a los organismos unicelulares y ecosistemas como a los seres humanos, aumentando el riesgo de enfermedades como el cáncer de piel y las cataratas.

La capa de ozono se ha visto dañada de forma general por el consumo de sustancias agotadoras de ozono (SAO) y de forma particular por los Clorofluorocarbonos (CFCs) procedentes de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado entre otros. No obstante, los mecanismos de control de los acuerdos internacionales han tenido éxito en relación al consumo de las SAO. Se espera que la capa de ozono se recupere por diferentes regiones y a distinto tiempo, alcanzando de forma global los niveles de 1980 para los años 2025-2040.

1.1.3 Pérdida de Biodiversidad

El Convenio sobre la Diversidad Biológica surge como respuesta a la preocupación por la pérdida acelerada de biodiversidad. Si bien, la extinción de las especies es un proceso

³ La convención de Viena resalta que los cambios en la capa de ozono perjudican al medio ambiente y a la salud humana. Por ello, ponen en marcha una serie de investigaciones con el fin de analizar el problema con mayor profundidad y los países involucrados comienzan a cooperar.

⁴ El Protocolo de Montreal es el reflejo del compromiso que adquirieron los países que ratificaron el Convenio de Viena. Se establecen los niveles de control sobre las sustancias agotadoras de ozono (SAO) para los países que han ratificado el acuerdo. Con la excepción de los países en desarrollo, que podrán aplazar el cumplimiento de las medidas de control en 10 años.

natural, existen determinadas especies que son necesarias para la sostenibilidad del ciclo de la vida. No solo eso, también constituyen una fuente de recursos naturales (como insumo en la agricultura o para la fabricación de alimentos entre otros).

El proceso de extinción de las especies se ha visto acelerado por el impacto demográfico sobre el consumo de recursos naturales. Otras causas atienden a la contaminación y a la continua introducción de nuevas especies foráneas en los entornos locales. Sin embargo, otros autores señalan que la desaparición de especies no es un problema tan grave teniendo en cuenta que en el pasado ya han desaparecido algunas especies y la vida en el planeta ha continuado (Börjn Lomborg, 2001).

Sin embargo, desde la ONU se destaca que los innumerables beneficios que el ser humano obtiene de la biodiversidad están en peligro. La biodiversidad mundial se deteriora, con pérdidas sustanciales y continuas de poblaciones, especies y hábitats. El PNUMA señala que la pérdida de biodiversidad es un problema que está infravalorado ya que no está debidamente regularizado por los gobiernos. Esto afecta en mayor medida sobre las poblaciones que dependen de los ecosistemas locales que en la mayoría de las ocasiones se refieren a las personas con menos recursos económicos.

En general, a lo largo de las últimas décadas se han establecido abundantes objetivos relacionados con la biodiversidad. Desde la aprobación de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria en 1951, para prevenir la introducción de plagas y establecer medidas para su control, se inician una serie de acuerdos internacionales encaminados tanto a la cooperación internacional para la protección de las especies como al uso sostenible de la diversidad biológica y participación equitativa de los beneficios derivados del uso de recursos genéticos (Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología).

1.2 ECONOMÍA AMBIENTAL

Si bien en el apartado anterior se han detallado los principales problemas ambientales, el propósito de este punto es definir brevemente los conceptos sobre la economía ambiental. Conviene subrayar que es muy importante analizar estos problemas ambientales desde una perspectiva económica. En primer lugar, puesto que el sistema productivo es el que causa los problemas ambientales, y segundo, porque en un contexto de escasez, debemos de corregir estos problemas al menor coste para la sociedad

Cualquier actividad económica en relación a los sistemas industriales comienza con la extracción de recursos naturales y finaliza con las emisiones al medio ambiente. En otras palabras, podemos afirmar que nuestros sistemas productivos están insertos en los sistemas naturales retorno en el que los recursos naturales se extraen, se transforman en productos finales para el consumo y vuelven al medio en forma de residuos. El concepto de contaminación queda definido por la cantidad de residuos y emisiones que superan el límite de la capacidad de asimilación del medio ambiente. Desde el punto de vista económico, la contaminación supone un perjuicio en el bienestar humano.

Es por esto que la definición de contaminación se basa en la existencia de algún daño físico de los residuos al medio ambiente que repercute en el ser humano. Existe un coste externo (por ejemplo, aumento de cáncer de piel por la destrucción de la capa de ozono). En relación con el cambio climático, desde la revolución industrial se han consumido enormes cantidades de combustibles fósiles, emitiendo dióxido de carbono (CO₂) en su combustión. Los océanos absorben el dióxido de carbono y las plantas lo utilizan en la fotosíntesis. Sin embargo, la tasa de emisión ha sido superior a la tasa de absorción,

superando la capacidad para la asimilar dichas emisiones. Por ende, la concentración de CO₂ en la atmósfera resultante, constituye la contaminación.

A pesar de tratar el daño que un problema ambiental genera en forma de contaminación, nuestro análisis se centra en la pérdida de eficiencia económica. Este concepto nos plantea cuál es la alternativa que nos reporta un mayor beneficio social empleando los mínimos recursos posibles. En ese caso, ¿Qué relación existe entre eficiencia y contaminación? Considerando que la contaminación supone una pérdida no compensada en el bienestar (o coste externo), se podría obtener un mayor beneficio social si se realiza una mejor asignación de los recursos escasos entre las alternativas disponibles.

A continuación se explican los conceptos más relevantes de la economía ambiental, que serán necesarios para comprender los siguientes apartados; explicando las definiciones con ejemplos relacionados con los problemas ambientales.

1.2.1 Fallos de mercado

Los fallos de mercado hacen referencia a la situación en la que un determinado mercado no organiza de forma eficiente la asignación de bienes y servicios a los consumidores. La información que tienen los agentes sobre los problemas ambientales no se puede considerar perfecta, puesto que en muchas ocasiones los individuos desconocen los efectos ambientales de las decisiones privadas de producción y consumo (por ejemplo, que las emisiones de una región estén asociadas a los índices de cáncer). Además, resulta difícil definir a los propietarios de los bienes ambientales como la atmósfera, los ecosistemas o el ozono. Por tanto, para la mayoría de los bienes ambientales los mercados no existen o no están bien definidos.

En primera instancia, y de acuerdo con Labandeira et al. (2008), “el funcionamiento del mercado se entiende como un proceso en el que se realiza una subasta continua de precios hasta que la oferta y la demanda se equilibran y el mercado se vacía”. Conforme a esta definición y desde el punto de vista del bienestar económico, el proceso de asignación de recursos a través del mercado genera una situación de bienestar máxima (se cumple el primer teorema de la economía competitiva⁵) a través de un mecanismo de sistema de precios (se cumple el segundo teorema de la economía del bienestar⁶).

A pesar de ello, los fallos de mercado quedan definidos cuando se incumplen los siguientes supuestos del teorema del bienestar: 1) Competencia imperfecta, 2) Incorrecta definición de los derechos de propiedad (externalidades, bienes públicos, comunales...) y 3) Información asimétrica (mercados imperfectos, selección adversa y riesgo moral). En el caso de los bienes ambientales, se observa que no se cumplen las condiciones necesarias para el cumplimiento de los teoremas. Primero, la información es imperfecta para los individuos; segundo, existe poder de monopolio en el que un agente establece los precios del mercado; y tercero, los derechos de propiedad no están bien definidos. Con todo ello, podemos concluir con que el funcionamiento del libre mercado para los bienes ambientales no garantiza el óptimo de Pareto y por ende, no se genera el máximo bienestar posible.

⁵ Que establece que toda economía competitiva en la que los agentes tomen decisiones de producción y consumo descentralizadas conduce a un óptimo de Pareto, entendiéndose por tal, una asignación eficiente de recursos productivos en la que no es posible encontrar otra asignación potencial que pueda mejorar a un individuo de la sociedad sin empeorar a otro.

⁶ Garantiza que toda asignación eficiente (o Pareto óptima) se puede obtener a través del funcionamiento del mercado mediante un mecanismo de intermediación basado en el sistema de precios.

1.2.2 Externalidades

Cuando una industria contamina a la atmósfera se genera un efecto externo en otros individuos de la sociedad que disfrutan del aire limpio. En cambio, cuando un grupo de personas visita un entorno natural de gran diversidad biológica, se está generando una satisfacción por el uso del bien ambiental. Lo que tiene en común estos ejemplos, es que ninguno de los dos paga por el daño o beneficio que obtiene. Hablamos de externalidades, siempre que una persona o empresa puede realizar una actividad que afecte directamente a otras, por la que ni paga ni recibe una compensación, según se manifiestan Baumol y Oates (1982).

Las externalidades pueden concebirse como casos en los que el sistema de precios no funciona perfectamente, sin la intervención del estado, la industria no paga por contaminar a la atmósfera ni el grupo de personas por el entorno natural. En particular, nos referimos a externalidades negativas y positivas.

Como ejemplo de externalidad negativa, cuando la fábrica contamina al aire, se está beneficiando de la emisión de contaminación, ya que de este modo puede reducir costes produciendo más barato, en lugar de colocar un dispositivo para controlar las emisiones. Como ejemplo de externalidad positiva, cuando el grupo de personas disfruta del entorno natural, se está beneficiando sin incurrir en ningún coste.

Como ejemplo de externalidad que no procede de un bien público, cuando se genera paisaje único por el cultivo de plátanos en un entorno turístico, del que se benefician los empresarios turísticos cercanos y ninguno de estos empresarios compensa al agricultor. La compensación implica que la desigualdad entre el coste marginal de producir plátanos y el beneficio marginal del paisaje se corrija y conlleve a un aumento de la cantidad de cultivos de plátano, maximizando así el beneficio social.

Tal y como se puede leer del manual de Microeconomía de Stiglitz (1998), cuando existen externalidades, la asignación de los bienes basada en el mercado es ineficiente. Cuando la producción de un bien como la energía conlleva una externalidad negativa por las emisiones generadas de las centrales térmicas, el nivel de producción de mercado es demasiado elevado, puesto que el productor no ha tenido en cuenta los costes sociales. En este caso, el coste marginal social es menor que el beneficio, luego hay que incrementar los costes hasta igualar al beneficio marginal. De otra forma, el precio de la energía determinado en los mercados competitivos por la ley de la oferta y la demanda, solo refleja los costes privados. Si no se incluyen todos los costes, incluyendo los costes sociales, los precios serán más bajos y el nivel de producción elevado en relación al nivel socialmente óptimo.

Es por esto que delimitamos el concepto de contaminación como una externalidad negativa. Sin embargo, ¿Cuáles han sido las soluciones que se han propuesto ante el problema de la externalidad? Respondemos en dos perspectivas. Si nos remitimos a la economía ambiental, con un enfoque neoclásico en relación a la contaminación, nos remitimos a las ideas propuestas por Pigou (1928) y Coase (1960), que se desarrollaron con el paso de los años y se formalizaron en las políticas ambientales que conocemos hoy en día. En todo caso, la economía ecológica, una disciplina que cuestiona los fundamentos de la economía neoclásica y la inviabilidad de someter el sistema natural y biológico de la Tierra a los sistemas económicos, no parece que tenga las mismas conclusiones sobre estos autores, según se manifiesta en Aguilera Klink y Vicent Alcántara (Comp.) (1994).

Con respecto a Pigou, se propone por primera vez la distinción entre coste social y coste privado para determinadas actividades económicas, proporcionando las herramientas para corregir el dilema a través de instrumentos fiscales (Impuesto/Subvenciones). En definitiva, sugiere la intervención del estado para remediar el funcionamiento del libre mercado.

En palabras de Perloff (2004), el gobierno puede imponer costes a los contaminadores fijando impuestos sobre su producción o sobre la cantidad de contaminación generada. Si la empresa puede alterar la relación entre el nivel de producción y el grado de contaminación, modificando los factores productivos o incorporando instrumentos de control de la contaminación, el gobierno deberá fijar un impuesto sobre la contaminación. En el ejemplo de la central térmica, el impuesto generaría los incentivos suficientes para que la industria adoptase la tecnología necesaria para disminuir la contaminación. Esto es lo que caracteriza esencialmente a un impuesto pigouviano, su carácter de incentivo y no de castigo sobre la contaminación. De hecho, los incentivos para la internalización de los costes ambientales externos no buscan maximizar la recaudación, sino que las empresas busquen alternativas tecnológicas, inviertan en I+D+i para reducir contaminantes, entre otros. Aunque en la realidad los impuestos pigouvianos tienen un complejo diseño, existen numerosas aplicaciones en todo el mundo.

Tanto los impuestos como las subvenciones tienen por objeto ajustar los costes privados para tener en cuenta los costes sociales. Los impuestos añaden el coste de la contaminación a los costes que una empresa debe cubrir para permanecer ejerciendo su actividad, en consecuencia, las empresas tienen incentivos para reducir su contaminación tanto como sea posible.

Con subvenciones, las empresas no pagan todos los costes, ya que parte de los costes son sufragados por el estado. En el ejemplo de la producción de energía de la central térmica, la subvención permite a los productores vender y a los consumidores comprar a un menor precio que su coste real de producción, manteniendo el suministro de energía (y generación de contaminación) por encima del nivel socialmente eficiente. El inconveniente surge cuando las empresas tienen incentivos a contaminar más con la finalidad de conseguir mayores subvenciones. Además, las subvenciones reducen los costes a medio y largo plazo de las empresas, por tanto, acaba aumentando el tamaño de la empresa que contamina o atrae más empresas a esa industria. En definitiva, se aumenta el nivel global de la contaminación.

Ya sea por el establecimiento de un impuesto o una subvención sobre la contaminación, sin un proceso de verificación, seguimiento y sanción, las empresas no tienen incentivos para revelar información veraz. Por tanto, la información es necesaria para un funcionamiento adecuado del mecanismo de impuestos y subvenciones.

Con respecto a Coase, plantea la importancia de una adecuada definición de los derechos de propiedad para internalizar costes y beneficios externos y la capacidad de los agentes para negociar las compensaciones una vez están correctamente definidos, si los costes de transacción (costes de información, negociación y contrato) no son altos. Esta profunda reflexión de Coase en su trabajo de 1960 ha dado pie a lo que se denomina “teorema de Coase” y al mecanismo que Dales y Montgomery desarrollaron posteriormente como mercados de contaminación

Para ello, se deben cumplir una serie de condiciones: a) Derechos de propiedad bien definidos b) Costes de transacción nulos c) Mercado competitivo. En consecuencia de estos supuestos, han surgido posturas críticas a Coase. Sirva de ejemplo los casos de

Buchanan (1967) o Kneese (1971), para poner en duda la falta de información que genera la incertidumbre de muchas situaciones en los casos de externalidades. En otras palabras y en contraste con Pigou, plantea una solución vía mercado.

Sobre los problemas del planteamiento que se deriva de las ideas de Coase exponemos:

Primero, si los costes de transacción son muy elevados, es posible que no sea factible que las partes implicadas se reúnan. Por ejemplo, si un fabricante contamina al aire es posible que millones de personas se vean afectadas. El coste de reunir las partes para negociar no es cuantificable. El coste de reunir las partes una a una para negociar puede ser elevado, pero hoy en día existen mecanismos de representación.

Segundo, si las empresas adoptan un comportamiento de negociación estratégica, es posible que no se pueda alcanzar un acuerdo. Por ejemplo, si el fabricante que contamina al aire se muestra inflexible a ceder en la negociación, sería imposible alcanzar un acuerdo, si aduce efectos negativos sobre el empleo u otros efectos en la economía local.

Tercero, si cualquiera de las partes carece de información sobre los costes o beneficios de reducir la contaminación, es posible que se alcance un resultado ineficiente. Por ejemplo, si se desconoce cómo afecta la actividad contaminadora a la otra parte, resulta difícil realizar la negociación de forma eficiente.

Por último, existe otro mecanismo en el que las empresas y las industrias se comprometen de forma voluntaria a adoptar los mejores estándares o invertir en I+D. Por ejemplo, un acuerdo entre industrias para innovar de forma conjunta un sistema que permita la reducción de las emisiones emitidas de forma conjunta.

1.2.3 Bienes comunales y públicos

En esta sección analizaremos tanto los bienes comunales como los públicos. Para empezar, los bienes comunales son los bienes utilizados por muchos individuos que comparten el derecho a su explotación teniendo en cuenta que el acceso está regulado. A pesar de que el derecho de propiedad está definido, el inconveniente surge de una definición inadecuada del derecho al uso por la dificultad de hacer cumplir la exclusión. Esto viene explicado por el establecimiento, en la mayoría de las ocasiones, de un límite para ejercer el derecho al uso del bien en concreto, generando una asignación inadecuada en la cual no se maximizan los beneficios para la sociedad, según describe Hardin (1968).

Ahora veamos el caso de los bienes públicos. Los bienes ambientales son “no rivales”, puesto que el consumo de un bien no disminuye la cantidad disponible que pueda consumir otro individuo sobre dicho bien. En el caso del aire, el hecho de que una persona respire no impide que otra haga lo mismo.

En la realización de un ejercicio simple en el que se muestre la facilidad de exclusión en el eje de abscisas y el coste marginal de la utilización del bien por parte de una persona más en el de ordenadas, la esquina inferior izquierda representaría un bien en el que coste de incluir a una persona más es bajo o nulo y cuya exclusión es relativamente difícil (Stiglitz, 1998). Véase de ejemplo, la satisfacción que un espacio natural protegido proporciona a un individuo. Entonces, el hecho de que un individuo más consuma el bien ambiental no aumenta el coste por mantenimiento del parque, ni tampoco excluye a que otros individuos pueden acudir al espacio natural.

Al igual que sucede con las externalidades, los bienes públicos constituyen un fallo de mercado, en el sentido de que existe un comportamiento polizón en la determinación de

la demanda (subestimada) y de que las empresas no tienen incentivos a producir el bien (dificultad de excluir a quien no financia). Por tanto, no se alcanza una asignación socialmente eficiente de los bienes públicos.

1.3 ALCANCE DE LOS “DATOS MASIVOS”

Hablamos en este apartado sobre la importancia de la información en la toma de decisiones de los gobiernos, las empresas y los ciudadanos, puesto que influye de forma notoria en la función de utilidad⁷ de los individuos. En este sentido, el PNUMA en el informe de GEO-5 ha centrado sus esfuerzos en destacar la importancia de la recolección, divulgación y acceso a la información medioambiental para la supervisión y desarrollo de los programas y políticas ambientales.

Como se ha dicho, existe información suficiente para desarrollar políticas ambientales, si bien esto no quiere decir que la mayor capacidad para recolectar más información permite a los gobiernos no sólo evaluar sus objetivos sino también destinar de forma más adecuada los recursos disponibles sobre los principales retos ambientales. Avanzando en nuestro razonamiento, la ONU señala que las investigaciones para recabar información ambiental contribuyen a analizar la efectividad de las políticas ambientales. No obstante, la efectividad de estas políticas está limitada por las deficiencias en datos ambientales científicamente confiables.

Un cambio de perspectiva en la forma de analizar los datos, la encontramos con el auge de los datos masivos⁸, hecho que trasciende a todos los campos de estudio de forma general y en nuestro contexto a las decisiones de política ambiental. Los datos masivos son la herramienta que aporta un nuevo enfoque a la teoría descrita hasta ahora, es por ello, que se convierte en el punto de partida de nuestro trabajo.

El manejo acertado de la gran cantidad de información que se obtiene de los datos masivos traza la frontera entre el éxito y el fracaso. Pongamos el ejemplo del sector automovilístico mostrado en un artículo del ABC denominado *El Big Data, el Gran Hermano de los datos*. Las emisiones que genera el transporte de los vehículos contribuyen de forma general con un impacto negativo al medio ambiente y de forma particular, al cambio climático.

Las aseguradoras automovilísticas están desarrollando una nueva política para recompensar a los conductores que menos emisiones generen, ya sea por una conducción eficiente o por la tecnología del vehículo. Los sistemas M2M (que explicaremos en los siguientes apartados), posibilitan la transmisión de la información del dispositivo del vehículo a la terminal de las empresas, a través de internet. No obstante, los clientes de las aseguradoras que no dispongan de la última tecnología en sus vehículos permiten instalar un sensor que informa a la compañía de todas las variables que condicionan el precio del seguro (emisiones generadas, tipo de conducción, velocidad media,...). A cambio, las aseguradoras ofrecen un producto personalizado a cada cliente con la información disponible.

En definitiva, disponer de una gran cantidad de información permite a las aseguradoras premiar las conducciones más respetuosas con el medio ambiente y por ende, se consigue disminuir las emisiones de dióxido de carbono. La creación de coches inteligentes (que

⁷ Una función que recoge el orden de las preferencias de un individuo ante determinados bienes

⁸ Término original en inglés “Big Data”

dispongan de internet) permitirá que en los próximos años, se generalice el servicio de los seguros.

En este ejemplo de mercado de seguros, el hecho de que los conductores tengan más información que la que se envía vía sensores a la compañía de seguros, puede provocar un problema de selección adversa. Si con la base de datos disponibles, las compañías no pueden distinguir de forma precisa a los conductores más y menos contaminantes, no van a generar los suficientes incentivos a los conductores que menos contaminan, ya que pagan un precio por el seguro mayor del que le correspondería. Desde muchos sectores, se están demandando *data scientist* (profesionales especializados en datos masivos), para solucionar este tipo de problemas.

Además puede surgir un problema de riesgo moral en el que los conductores una vez asegurados, modifican sus pautas en la conducción. Este problema se puede solucionar, si las tasas anuales por el seguro se actualizan en función del comportamiento del conductor. De esta forma, se generarían incentivos para que los conductores no modifiquen su comportamiento una vez realizado el seguro, y por lo tanto, se conseguiría una disminución de las emisiones.

En los siguientes puntos veremos el papel fundamental que ha tenido internet. La introducción de internet a prácticamente cualquier dispositivo permite la comunicación de información entre dos servidores. Por tanto, aumenta de forma notoria la disponibilidad de información acerca de elementos de difícil medición. El ejemplo del sector del automóvil es uno de miles de casos en donde la disponibilidad de información permite modificar el precio de los bienes y el consumo de recursos.

Disponer de información de forma libre permite analizarla y contrastarla con la información proporcionada por las empresas de *Greenwashing*. Un término que se refiere a las campañas engañosas de marketing utilizadas por las empresas para difundir la percepción de que sus productos tienen como objetivos, la conservación del medio ambiente y las políticas ambientales.

De por sí las enormes cantidades de información pueden generar asignaciones ineficientes en el mercado. Si los productores tienen más información que los consumidores sobre la fabricación de cemento que emite dióxido de carbono a la atmósfera, se generará una producción por encima de la socialmente deseada. Esto se debe a que los individuos no tienen en cuenta todos los costes generados en la producción de cemento. Por tanto, la asimetría de la información es un problema que se debe resolver con iniciativas sobre el acceso de los datos al público, que analizaremos en los siguientes puntos.

1.3.1 El concepto de los datos masivos

Antes de entrar en detalles, el término⁹ de los datos masivos hace referencia a grandes bases de datos sin una estructura predeterminada. Si nos preguntamos cuál es el origen de los datos masivos, entonces tenemos que referirnos a un proceso técnico en la computación que posibilitó una disminución del coste de almacenamiento de la información, y por consiguiente se generó una mayor capacidad de disponer grandes cantidades de datos en un solo archivo.

En un principio, se necesitaba modernizar las herramientas que procesaban los datos, puesto que el volumen de información que se quería analizar era tan grande que los

⁹ Acuñado en torno al año 2000 en las ciencias de la astronomía y la genética

ordenadores no eran capaces de procesarla. Entonces, ¿Cómo fue posible acceder a tanta información? La respuesta es internet.

Disponemos de más información que nunca y cada vez aumenta más deprisa, internet y diversas herramientas hacen posible este hecho. Para ser más específicos, hablamos del M2M¹⁰, un concepto genérico que se refiere al intercambio de información en formato de datos entre un dispositivo y otro para controlar determinados procesos en áreas que van desde la automoción hasta el medio ambiente. Para hacer posible el intercambio de información, las cookies juegan un papel muy importante entre otros, ya que tienen la tecnología suficiente para almacenar la información individual de los usuarios.

La característica principal de las tecnologías del procesamiento es que los datos no precisan ser dispuestos en filas ordenadas ni en las antiguas tabulaciones de las bases de datos, de ahí que los datos masivos se relacionen con estructuras sin predeterminedar.

1.3.2 Implicaciones de los datos masivos

Al igual que el descubrimiento del microbio hace 4 siglos, que permitió medir cosas a nivel celular, los datos masivos posibilitan medir y evaluar elementos que antes pasaban desapercibidos. Dicho lo anterior, en numerosos informes de Google se cita que “lo que no se puede medir, no se puede valorar”. No está claro hasta cuanto se puede medir la calidad ambiental, sin embargo lo que parece más evidente es que tener un mayor conocimiento acerca de un problema nos permite aproximarnos más a tomar decisiones más adecuadas.

Sobre los efectos más inmediatos que se señalan en el periódico británico *Financial Times*¹¹ y estadounidense *The New York Times*¹², se encuentran que la recopilación y análisis de datos de forma más eficiente permite liberar recursos ociosos que se pueden destinar a otros ámbitos y favorecer el desarrollo económico. Además, se puede reducir el tiempo de reacción que tiene el agente público para enfrentar determinados problemas sociales y ambientales.

Al mismo tiempo, han aparecido posturas críticas a la utilización de esta herramienta. Algunos autores tildan los datos masivos como un *hipe cycle* (o ciclo de popularidad), otros por su parte sostienen que los datos masivos van en contra de la privacidad de los individuos.

Ahora veamos las respuestas a estas cuestiones. En lo que respecta a los datos masivos, la cantidad de información almacenada crece 4 veces más rápido que la economía mundial, más allá de esto, hemos pasado de disponer del 75% de datos analógicos (papel, libros, fotocopias, fotografías,...) sobre el total de los datos en el 2000 a menos del 2% en el 2013. Deseo subrayar que las cifras citadas han sido extraídas de las investigaciones de Mayer-Schönberger y Cukier (2013). En conclusión, no entramos en opiniones subjetivas de si es o no un ciclo de popularidad, pero a la vista de los datos, parece lógico decir que se ha cambiado la forma de organizar y entender la información.

En lo que toca al derecho de la privacidad, el foro económico mundial¹³ indica que los gobiernos deben poner un mayor énfasis en una regulación del mercado sobre los datos

¹⁰ Es un concepto genérico que significa Machine to Machine.

¹¹ En el artículo *Big data: ¿estamos cometiendo un gran error?* (título original en inglés *Big data: Are we making a big mistake?*)

¹² En el artículo *La era del Big data* (título original en inglés *The age of big data*)

¹³ Informe *Big data, big impact: New possibilities for international development*

que permita a las empresas cooperar y al mismo tiempo ser competitivas. En definitiva, la privacidad de los datos y de internet en general es un asunto tratado de distinta forma por cada país y es por esto que las organizaciones supranacionales solicitan que la nueva regulación del mercado sobre los datos sea homogénea a todos los países.

1.3.3 Iniciativas gubernamentales para el libre acceso de los datos

Hasta ahora hemos mencionado el aumento de la cantidad de información debido a internet, la mayor capacidad para almacenar la información gracias al desarrollo de nuevas herramientas, pero falta un elemento por citar que es clave en el desarrollo de este fenómeno, y es el acceso a la información. Se pueden tener grandes bases de datos en muchos campos de estudio que si no puedes acceder a ellas, la utilidad se reduce al poseedor de la información. Por ello, los gobiernos son fundamentales para legislar el libre acceso de la información a los ciudadanos (*open data*), ya que pocas son las entidades privadas que ofrecen datos de cara público de forma voluntaria.

Los gobiernos ya disponían de información desde hace tiempo, lo importante de la información actual es que se puede transmitir a los ciudadanos. Las iniciativas gubernamentales para el libre acceso de los datos (*open government*) son el resultado del compromiso de los gobiernos a exponer datos públicos de forma reutilizable, con el fin de que terceros puedan generar servicios derivados de los mismos y se pueda analizar y evaluar la gestión de las políticas ambientales.

Estas iniciativas promueven la participación y colaboración de los ciudadanos en la constitución de políticas ambientales. El estado impulsa actuaciones que aumentan el protagonismo de los ciudadanos en los asuntos públicos. Se promueve el acceso de la información de una forma sencilla y clara en un ejercicio de transparencia para que las administraciones rindan cuentas de los compromisos adquiridos sobre las políticas ambientales. En definitiva, este tipo de iniciativas tienen 3 objetivos: transparencia, colaboración y participación.

La iniciativa del ayuntamiento de Gijón en Asturias para reducir el impacto ambiental del transporte y consumo energético de la ciudad, es un ejemplo de iniciativa destinada a que los ciudadanos accedan a los datos públicos¹⁴. Para la medición de las variables ambientales (agua, aire, ruido, consumo de energía,...), el ayuntamiento publica sus datos a todos los ciudadanos. Se tiene como objetivo la sostenibilidad de la ciudad a través de instalaciones más eficientes (por ejemplo, utilizando bombillas de bajo consumo), promoviendo las energías renovables o mejorando los servicios internos de la ciudad (por ejemplo, servicio de recogida de residuos urbanos).

Los ciudadanos al acceder a la información sobre las variables ambientales de la ciudad, pueden complementarla o corregir errores (por ejemplo, el individuo puede informar sobre el estado de las bombillas de bajo consumo en su distrito). Además, al acceder a información que antes no se disponía, se puede modificar la percepción del individuo y fomentar una conducta en los hogares sobre el reciclaje de los residuos domésticos. De esta forma, se consigue que los ciudadanos *colaboren y participen* en el objetivo ambiental de la ciudad y al mismo tiempo, se permite el *seguimiento* de las actuaciones realizadas por el gobierno sobre el medio ambiente.

¹⁴ Para más información, puede acceder al siguiente enlace: <http://transparencia.gijon.es/>

CAPÍTULO II: ANÁLISIS EMPÍRICO

2.1 METODOLOGÍA

En este punto ponemos en práctica lo descrito hasta ahora. Recordamos que en primer lugar, hemos hablado de los problemas ambientales y su importancia para la sociedad. Luego hemos analizado estos problemas en términos económicos y finalmente, aportamos la nueva herramienta que contribuye por una parte, a mejorar las carencias de información en la toma de decisiones del agente público sobre las políticas ambientales y por otra, a disponer de un mayor conocimiento de interés social y ambiental a las entidades físicas y jurídicas.

Con todo lo dicho anteriormente, estamos en condiciones de hablar del PRTR España¹⁵, el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Este registro proporciona información de carácter público sobre las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo de las sustancias contaminantes y residuos de las principales industrias en España.

El PRTR surge de los compromisos que acordó España en el Convenio de Kiev¹⁶ (2003) y del cumplimiento con los requisitos del reglamento europeo sobre registros de emisiones y transferencias de contaminantes¹⁷. De la información sobre sustancias contaminantes que las industrias proporcionan al registro, el PRTR solo publica aquellas cantidades que superan un umbral determinado en función del sector económico. Esto quiere decir que de la información pública extraída, las sustancias de las industrias que no superen el umbral, no estarán recogidas en la base de datos y esto será un dato a tener en cuenta.

En la información pública del registro, el PRTR facilita principalmente las bases de datos de forma separada por complejo industrial y por sustancia contaminante, por lo que hemos necesitado la ayuda de un docente en ingeniería informática para que agrupase dichas bases de datos. De modo que la base de datos que hemos trabajado contiene la información de las sustancias contaminantes agrupado por complejos industriales y sectores económicos a través del código CNAE-2009¹⁸. Esta clasificación por actividades económicas es la utilizada por el INE¹⁹, lo que nos permite cruzar la base de datos del PRTR con otras bases de datos económicas del INE. Así mismo, el periodo analizado es el comprendido entre el 2005-2012, que son los años de los que se disponía información al comienzo del trabajo. Por último, la información dentro de la base de datos se puede clasificar por zona geográfica (C.C.A.A., provincia y municipio), cuenca hidrográfica o población entre otros.

Otra característica de las base de datos, es que se descargaron en archivos XML y se procesaron con el programa Excel de Microsoft Office. Dentro del programa y teniendo en cuenta que la base recoge 33787 filas y 21 columnas, se han utilizado las tablas dinámicas para filtrar la información y seleccionar aquella que resulte de interés en función del análisis.

¹⁵ Para consultar la página web, se puede acceder al siguiente enlace: <http://www.prtr-es.es/>

¹⁶ Se aprueba el *Protocolo sobre Evaluación Estratégica del Medio Ambiente de la Convención sobre la Evaluación del Impacto Ambiental en un Contexto Transfronterizo*.

¹⁷ Reglamento (CE) n° 166/2006

¹⁸ Clasificación Nacional de Actividades Económicas según el Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, BOE, 28.4.2007.

¹⁹ Instituto Nacional de Estadística, link para acceder a la página web: <http://www.ine.es/>

Dicho lo anterior, en los siguientes puntos analizamos la base de datos extraída del registro de emisiones, con el objetivo de realizar aplicaciones económicas a los resultados obtenidos. De forma estructurada y después de tener en cuenta una serie de consideraciones previas del PRTR, realizamos un análisis descriptivo centrado en los gases de efecto invernadero (GEI), luego proponemos una serie de indicadores económicos sobre los sectores económicos más destacados en GEI y por último, utilizamos una herramienta de geolocalización para representar las sustancias contaminantes en mapas.

2.2 CONSIDERACIONES DEL PRTR

El PRTR, recordemos, recoge las emisiones de las sustancias contaminantes y residuos de los complejos industriales españoles. Ahora bien, ¿Cuáles son las sustancias contaminantes que se examinan en la base de datos? El registro estatal clasifica las sustancias en 7 categorías en función del daño al medio ambiente, descritas como siguen: Gases de efecto invernadero (GEI), Metales pesados (MP), Compuestos Orgánicos Persistentes (COP), Sustancias que Agotan la capa de Ozono (SAO), Sustancias acidificantes/eutrofizantes/precursoras de ozono, Pesticidas y Otras sustancias.²⁰

Cuadro 2.1: Clasificación de las sustancias contaminantes

Tipo	Definición	Sustancias
GEI	Gases que retienen parte de la energía que irradia la superficie de la Tierra	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC y SF ₆
MP	Sustancias con propiedades metálicas que son potencialmente tóxicas	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Tl, Sb, Co, Mn y V
COP	Sustancias persistentes en el medio ambiente, bioacumulables y muy tóxicas	DDT, PCB, PCDD/PCDF, endosulfán, aldrín, clordano,...
SAO	Sustancias que disminuyen la concentración de ozono en la estratosfera	CFC, HCFC, halones, CCl ₄ y C ₂ H ₃ Cl ₃
Acidificantes	Sustancias que regresan a la superficie tras una transformación química en la atmósfera	SO ₂ , NO _x y NH ₃
Eutrofizantes	Sustancias que aportan al agua un enriquecimiento anormal de nutrientes con efectos adversos	NO _x y NH ₃
Precursoras de ozono	Sustancias que favorecen la formación de ozono en la troposfera	COVNM, CO y NO _x
Pesticidas	Sustancias destinadas a alterar los procesos de los organismos vivos	HCH, lindano, isodrina, diurón, toxafeno, mirex, simazina,...

Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

²⁰ Para más información sobre las sustancias contaminantes de cada grupo, puede acceder directamente al siguiente enlace: <http://www.prtr-es.es/conozca/Sustancias-contaminantes-1026062012.html#1>

En este sentido, la clasificación del grupo de gases de efecto invernadero está recogido en el Anexo A del protocolo de Kyoto, según se enumera en los siguientes gases: Dióxido de carbono, Metano, Óxido nitroso, Hidrofluorocarburos, Perfluorocarbonos y Hexafluoruro de azufre. Ya en el primer punto del trabajo, mencionamos que el cambio climático es uno de los principales problemas medioambientales que destacan las organizaciones internacionales como la ONU. Es por esto que el análisis del PRTR se centra fundamentalmente en los GEI, más no se trata de decir que el resto de gases contaminantes no suponen un grave problema para el medio ambiente y la salud humana. El resto de los grupos contaminantes se analizarán a posteriori y de forma secundaria.

Los GEI vienen expresados en distintas unidades de medidas, así, por ejemplo, los HFC se muestran en kilogramos de HFC y así con el resto de gases. De esta forma, se ponderan los gases para poder obtener una cifra en la misma unidad de medida. La directiva del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) señala los potenciales de cambio global conforme al horizonte temporal, dicho con otras palabras, para evaluar los efectos de los diferentes gases de cambio climático, se ponderan los gases en términos de CO₂ equivalente en función de su calentamiento a la atmósfera en 20, 100 o 500 años. Por práctica habitual, el potenciador más utilizado es a 100 años vista.

Un inconveniente a tener en cuenta es la conversión con los HFC y PFC. Estas sustancias se manifiestan en la atmósfera en diferentes composiciones, para las cuales existe distintos potenciadores. En el PRTR, no se hace distinción entre los tipos existentes de HFC y PFC, básicamente presenta los gases de forma genérica. Por lo tanto, cómo el PRTR ha agrupado las distintas formas en las que se puede observar estas sustancias químicas, la conversión para estos dos casos se ha realizado mediante la media de los potenciadores.

Cuadro 2.2: Conversión de los GEI en CO₂ equivalente (1 ton = X ton de CO₂ eq.)

Sustancias	Potencial de calentamiento global a 100 años
Dióxido de carbono (CO₂)	1
Metano (CH₄)	25
Óxido nitroso (N₂O)	298
Hidrofluorocarburos (HFC)	9.192,5*
Perfluorocarbonos (PFC)	3.772,1*
Hexafluoruro de azúfre (SF₆)	22.800

*Supuestos de conversión = media

Fuente: Elaboración propia a partir de la directiva IPCC

Desde otra perspectiva, la agencia de protección medioambiental en Estados Unidos²¹ señala en los últimos años, que el calentamiento global provocado por los HFC y PFC es mayor que el establecido por la directiva IPCC. Por el contrario, la legislación del IPCC es la que contempla el registro estatal de emisiones en España y es la utilizada en este trabajo. En definitiva, para obtener los CO₂ equivalente de los GEI, tenemos que multiplicar la cantidad de cada sustancia contaminante por su potencial de cambio climático.

²¹ El término original en inglés EPA (United States Environmental Protection Agency)

2.3 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

2.3.1 GEI por C.C.A.A.

La primera información que hemos seleccionado ha sido la cantidad de toneladas de GEI para cada comunidad autónoma. A dicha cantidad se le ha multiplicado por su correspondiente potenciador de cambio climático, quedando como resultado los kg de CO₂ equivalente por comunidad autónoma para los años comprendidos entre 2005 y 2012. De este resultado, hemos dejado de lado a las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, ya que representan un 0.07 % y 0.08% respectivamente, sobre los GEI totales.

En relación a los GEI de las comunidades autónomas, observamos que los resultados están relacionados con el tamaño poblacional de cada región, es decir, que las comunidades con más población tienden a tener mayores emisiones. Es por ello, que hemos realizado el análisis en función de los habitantes de cada comunidad. Para ello hemos recurrido a las cifras oficiales de población de los municipios españoles: revisión del patrón municipal por C.C.A.A. del INE. El resultado es el número de kg de CO₂ equivalente per cápita por comunidad autónoma²², ordenado de mayor a menor para el último año 2012.

CCAA	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012
Asturias	25.094,2	22.189,4	13.888,4	17.779,4	13.947,0	13.449,8	14.359,3	18.296,8
Castilla y León	8.224,8	6.731,0	6.934,2	5.719,6	2.889,8	1.219,6	4.661,7	6.816,8
Galicia	6.594,6	6.704,9	6.960,6	5.090,4	4.283,3	3.759,7	4.592,6	5.786,8
Aragón	6,2*	8.321,7	8.203,7	7.535,8	5.446,2	4.055,5	6.436,6	5.346,7
Baleares	5.545,5	5.564,5	5.155,7	5.160,4	4.944,3	4.639,3	4.333,7	4.528,4
País Vasco	5.182,9	5.427,9	4.697,9	3.298,0	3.838,9	4.006,4	2.952,7	3.374,7
Navarra	5.085,9	2.668,0	4.452,0	5.379,4	4.429,3	4.518,8	3.424,4	3.258,4
Andalucía	4.191,1	3.938,1	4.165,3	3.340,6	3.196,7	2.964,3	3.079,2	3.136,3
Cantabria	5.621,9	5.415,8	5.387,2	5.715,1	4.039,7	4.256,1	3.858,0	3.126,8
Castilla-La Mancha	4.963,7	6.470,1	5.807,5	4.619,8	3.668,2	3.370,8	3.122,9	3.042,4
España	3.649,7	3.880,5	3.663,3	3.407,3	2.820,0	2.552,6	2.705,2	2.943,2
Canarias	484,0	3.638,3	2.119,1	2.155,6	2.116,8	2.482,5	1.440,4	2.910,2
Murcia	2.022,0	1.643,1	3.452,9	5.169,6	3.787,4	2.970,2	2.672,2	2.178,2
Cataluña	2.024,0	1.978,2	1.911,7	2.364,9	1.994,3	1.880,2	1.801,3	1.898,8
Comunidad Valenciana	1.682,1	1.680,1	1.642,8	1.790,1	1.692,7	1.619,8	1.358,5	635,3
Extremadura	246,1	756,5	749,6	783,7	551,4	483,6	460,2	500,5
Madrid	527,2	545,0	603,3	379,1	289,2	287,6	259,9	226,3
Rioja (La)	3.413,3	5.320,2	4.705,9	4.204,5	2.094,6	1.576,1	1.179,8	63,1**

*Aragón en 2005 solo registró metano dentro de los GEI
 **La Rioja en 2012 no contabilizó el dióxido de carbono
 Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

Como se indica en la tabla 2.3, los asteriscos indican faltas de registro en algún componente de los GEI, al igual que sucede en algún otro año puntual referido a una comunidad autónoma como es el caso de Canarias para el año 2005, que presenta unos registros por debajo de la tendencia del resto de años. Siguiendo con el análisis, parece evidente señalar que algunas comunidades destacan por situarse por debajo de la media española, aunque la mayoría se sitúa en torno a ella y por último Asturias despierta como la comunidad más contaminante de GEI per cápita. Como las menos contaminantes, localizamos a Madrid y Extremadura. Sin embargo, a pesar de que la gran mayoría de las comunidades, inclusive Madrid y Extremadura, presentan unos resultados más o menos constantes para los años analizados, Asturias tiene un comportamiento a la baja a lo largo de la serie con un repunte puntual en el último año.

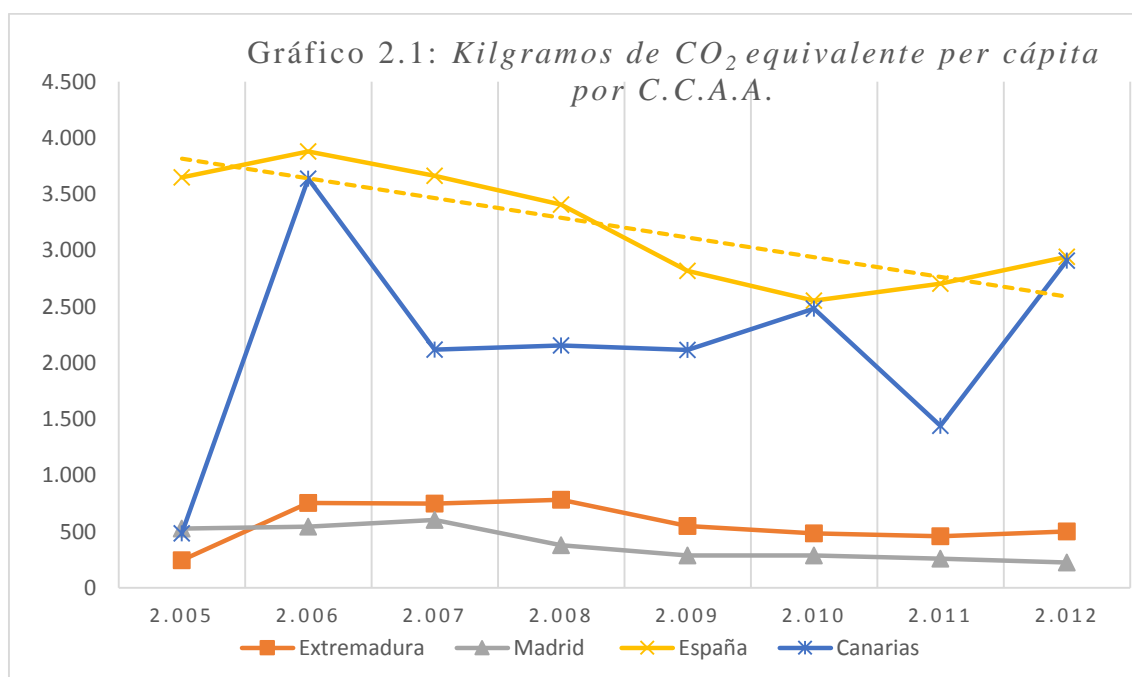
²² En el anexo, puede encontrar las tablas 2.1 y 2.2 correspondientes a los miles de habitantes por CCAA y miles de toneladas de CO₂ equivalente por CCAA

De forma general, España presenta una tendencia a la baja con respecto a las emisiones de GEI per cápita, que se acentúa en el año 2008. Esto no es coincidencia con la adopción del *Real Decreto 508/2007* y modificaciones posteriores sobre los nuevos instrumentos legales para definir los requisitos de la información de los complejos.

El mercado europeo de derechos de emisión de GEI (Directiva 2003/87/CE) en el que está incluido España, es una iniciativa anterior a la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto para la reducción de los GEI a nivel europeo. Se configuró como el principal instrumento (aunque no el único) de la política comunitaria contra el cambio climático. Consiste en el establecimiento de unos límites globales de emisiones determinadas a un conjunto de sectores económicos, en el que los complejos industriales pueden intercambiar sus emisiones.

En lo que respecta al comportamiento de nuestra serie. El mercado europeo de GEI se introduce siguiendo dos fases. La primera entre el 2005-2007 representa un periodo de prueba, por lo que la reducción de las emisiones está limitada y la segunda entre el 2008-2012 se implementa el instrumento y el nivel de emisiones se reduce.

En conclusión, todas las comunidades autónomas, a excepción del País Vasco, disminuyen sus registros en este momento con la entrada en vigor del nuevo decreto. Por último, para ilustrar con mayor precisión los comentarios descritos con anterioridad, exponemos un gráfico con las comunidades mencionadas.



Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

En el gráfico 2.1, podemos apreciar con mayor claridad el comportamiento de la serie de los GEI en Canarias. Se observa cómo aun suprimiendo el dato sesgado del año 2005 (anomalía correspondiente con el suministro de energía eléctrica), el comportamiento de la serie tiende al alza. En menor medida, encontramos una caída en el año 2011 y un repunte en el 2006, que se explican por las variaciones de CO₂ del sector de la energía.

A pesar de que las emisiones de Canarias y de la media nacional presentan registros diferenciados para algunos años, es la comunidad que se posiciona más cerca de las emisiones generales para el último año 2012. Sin embargo, mientras que en Canarias se

produce un aumento de los GEI a lo largo de la serie, a nivel nacional ocurre lo contrario, presentando una pequeña tendencia a la baja. Un dato a tener en cuenta es que de media para los años seleccionados, cada habitante canario generó 2,2 toneladas de emisiones de GEI, en contraste con las 3,2 toneladas que emite un español de media al año.

Para poder entrar en más detalles sobre los argumentos que explican el comportamiento de esta serie, debemos examinar las ramas de actividad económica y complejos industriales que están detrás de cada comunidad autónoma. No obstante, antes de realizar este análisis, debemos reflexionar los resultados obtenidos hasta ahora.

El análisis resulta más interesante desde el punto de vista de qué actividad es la que emite la contaminación en contraposición con dónde se está emitiendo, puesto que cualquier emisión que se emita a la atmósfera, sea en Canarias o en Japón, contribuye de igual manera al calentamiento global.

Hasta el momento, hemos obtenido las emisiones de los GEI para las industrias que son recogidas en el PRTR en una serie de años comprendidos entre 2005-2012. Las emisiones de GEI, de forma general, son las que contribuyen a retener parte de la energía que irradia la superficie del planeta. Según los resultados obtenidos hasta ahora, la contribución del CO₂ sobre el total de los GEI es aproximadamente del 95%, esto no quiere decir que el 5 % restante sea insignificante.

Analizamos con detenimiento las repercusiones de cada uno de los gases. En primer lugar, el CO₂ aparte de ser la fuente esencial de carbono para la vida en el planeta, regula el calentamiento global de la superficie de la Tierra. Su concentración en la atmósfera ha ido en aumento por la combustión de combustibles fósiles desde la Revolución Industrial, siendo el gas que más contribuye al calentamiento global²³. Con respecto al metano y al óxido nitroso, son los siguientes gases que contribuyen al calentamiento global, respectivamente. Sobre la salud humana suponen un riesgo, ya que la inhalación del gas puede provocar asfixia e incluso, la muerte.

Los hidrofluorocarburos (HFC) son sustancias químicas sintéticas que contribuyen al calentamiento global. Con el Protocolo de Montreal, se produce una disminución considerable de los CFC, que tienen la particularidad de no solo contribuir al calentamiento global sino también de destruir el ozono. Sin embargo, los CFC se redujeron en detrimento de un reemplazo de los HFC, según Common y Stagl, (2008).

En relación al resto de gases, los perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre tienen la característica de permanecer concentrados en la atmósfera un periodo largo de tiempo, al igual que sucede con los HFC. Sin nada más que añadir al respecto, contribuyen en menor medida al cambio climático. Por consiguiente, los gases que han sido agrupados dentro de los GEI, no tienen mayor impacto que el de contribuir al calentamiento de planeta.

2.3.2 GEI por CNAE

En este segundo estudio, se analizan los GEI según la rama de actividad económica. Para ello, se relaciona la cantidad total de kg por año de cada contaminante normalizado a CO₂ equivalente, con el CNAE-2009. Para simplificar la tabla resultante y ofrecer unos resultados más esclarecedores, tratamos la información desde la entrada en vigor del

²³ Para más información sobre el CO₂, se puede acceder al siguiente enlace: <http://www.co2science.org/about/position/globalwarming.php>

último decreto que modificó los requisitos de la información de los complejos industriales (*Real Decreto 508/2007*). Por la misma razón, se ofrecen los datos en miles de toneladas.

Tabla 2.4: Miles de toneladas de CO₂ equivalente por CNAE

Ramas de actividad	2008	2009	2010	2011	2012
01: Agricultura, ganadería y caza	1.307,7	210,3	171,6	219,3	257,5
05-09: Industrias extractivas	60,7	-	-	45,4	33,1
10-12: Industrias de la alimentación y del tabaco	404,4	443,5	577,1	585,1	5.660,6
13-15: Industria textil, del cuero y del calzado	-	-	4,0	-	-
16: Industria de la madera y el corcho	132,0	134,0	133,0	133,0	134,0
17: Industria del papel	2.231,3	2.722,8	2.465,9	2.874,6	4.030,4
19: Coquerías y refino de petróleo	14.256,1	12.939,0	12.912,2	13.618,2	14.565,9
20: Industria química	8.392,7	7.566,6	8.166,3	7.176,7	6.751,7
21: Fabricación de productos farmacéuticos	5,0	1,0	2,8	1,4	-
23: Otros productos minerales no metálicos	25.110,3	19.105,1	19.299,9	16.593,5	13.542,7
24: Metalurgia	8.412,6	6.359,4	9.567,4	7.493,5	6.860,2
25: Productos metálicos, excepto maquinaria	830,0	326,0	647,3	598,2	3,4
29: Fabricación de vehículos de motores	45,2	13,8	29,1	28,5	20,6
35: Energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	90.346,8	74.377,0	59.117,6	71.801,2	80.348,7
36: Captación, depuración y distribución de agua	8,6	3,7	3,5	2,9	49,1
37-39: Saneamiento y gestión de residuos	5.248,1	5.962,3	5.650,6	6.017,5	6.483,0
52: Actividades anexas a los transportes	-	-	-	3,3	-
74-75: Otras actividades científicas y técnicas	22,1	19,0	19,6	19,1	9,2
84: Administración pública	6,1	2,6	14,6	9,1	6,7
85: Educación	421,0	1.630,0	1.220,0	418,0	338,0
Total	157.240,4	131.815,9	120.002,6	127.638,2	139.094,9

Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

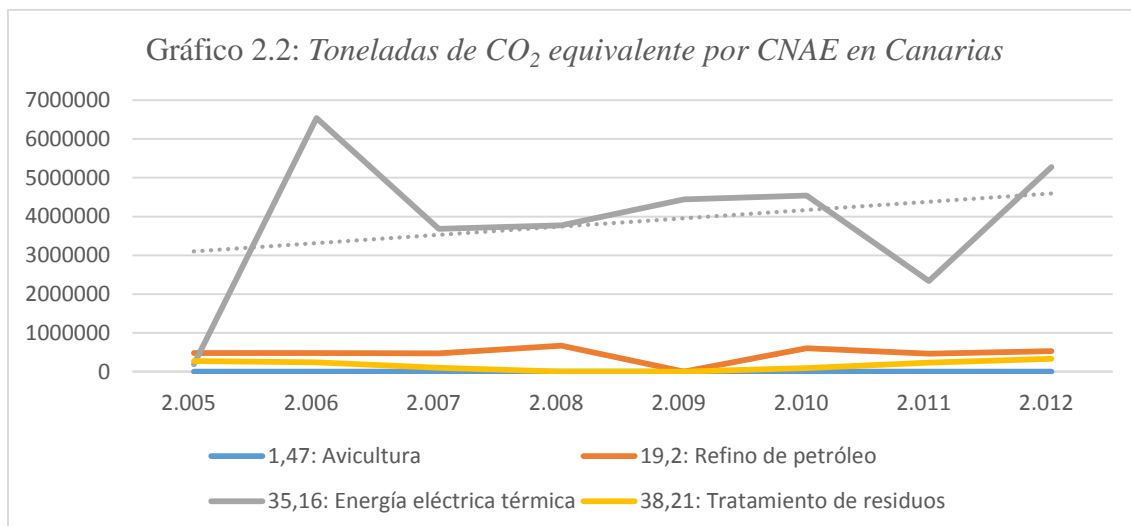
Como se puede apreciar en la tabla 2.4, la contaminación que contribuye a acelerar el cambio climático procede principalmente de 3 sectores: en primer lugar del sector del suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado, luego la fabricación de otros productos minerales no metálicos y por último las coquerías y refino de petróleo. Tan solo en estas ramas de actividad, se recoge el 80% del total de la contaminación.

Avanzando con el análisis, el peso de cada uno de los sectores destacados no es el mismo. De esta forma, solamente el sector del suministro de la energía eléctrica y demás supone el 55% de los GEI, en concreto debemos destacar el subsector de la producción de energía eléctrica de origen térmica que recoge el 51% sobre el total. Examinando el resto de sectores destacados, la fabricación de otros productos minerales no metálicos se traduce en el 14% de las emisiones GEI, de las cuales la mayoría corresponde al subsector de la fabricación del cemento representado un 13% sobre el total. Por último, el tercer sector destacado es el refino de petróleo que supone un 11% de las emisiones.

Si el CO₂ es el principal gas que afecta al cambio climático, y a su vez proviene fundamentalmente, de la combustión de recursos fósiles, resulta evidente pensar que estos sectores económicos sean los principales causantes de las emisiones GEI. Con respecto a la fabricación de cemento, es en la fase del enfriamiento de los materiales en el horno cuando se producen las emisiones a la atmósfera, principalmente en forma de CO₂ y en otras sustancias que generan un impacto ambiental negativo. Según la Agrupación de Fabricantes de Cemento en España (Oficemen), la producción de cementos en España en los últimos años ha disminuido en más de la mitad con respecto al 2007, hecho que se explica básicamente por la burbuja inmobiliaria de la crisis económica, de ahí que haya repercutido en una disminución importante de CO₂.

2.3.3 GEI por CNAE para el caso de Canarias

Resulta interesante profundizar en el análisis del GEI a nivel regional. En este estudio, el objetivo es examinar cómo se distribuyen los GEI en las distintas actividades económicas para el caso de Canarias.



Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

Como podemos observar en el gráfico 2.2, existe una anomalía en el año 2005 con respecto al sector del suministro de la energía eléctrica de origen térmica, el cual no recoge la totalidad de los CO₂ que corresponderían para ese año. El comportamiento de la serie está determinado por la evolución del sector del suministro de la energía, dado que representa algo más del 86% de todas las emisiones. En menor medida, el sector del refino del petróleo contribuye algo menos del 10.4% de los GEI en Canarias, por lo que junto con el suministro de energía representan un total de 96.4%. En otras palabras, la casi totalidad de las emisiones en Canarias se deben por la combustión de recursos fósiles.

Los complejos industriales del sector del suministro de energía eléctrica de origen térmica convencional emiten dióxido de carbono y óxido nítrico. Las emisiones proceden de una serie de centrales diésel (Las Salinas, Los Guinchos y Punta Grande), de centrales térmicas (Barranco de Tirajana, Candelaria, Jinámar y Granadilla) y de la Cogeneración de Tenerife. Los complejos citados emiten tanto CO₂ como N₂O, a excepción de las centrales térmicas de Candelaria y de Barranco de Tirajana que solo emiten CO₂. No obstante, las centrales diésel y térmicas se integran en la Unión eléctrica de Canarias Generación (más conocida como UNELCO) que pertenece a la multinacional ENDESA, mientras que la Cogeneración de Tenerife S.A. pertenece a CEPSA.

Sobre el sector del refinamiento del petróleo, las emisiones son emitidas en su totalidad por la refinería de Tenerife que pertenece a la Compañía Española de Petróleos S.A. (CEPSA). Este complejo emite tanto CO₂ como N₂O en el proceso de refinamiento de petróleo, en total por este sector se emite el 10.4% de las emisiones GEI. Dicho de otra manera, CEPSA es el responsable del 11.4% de las emisiones GEI (10.4% del refinamiento de petróleo y 1% del suministro de energía), mientras que ENDESA es el responsable del 85%. Entre las dos empresas se recoge el 96.4%, puesto que son las dos únicas corporaciones que emiten gases GEI derivado de la combustión de recursos fósiles.

De forma residual, el tratamiento de residuos y la avicultura representan el 3.6% y el 0.01%, respectivamente. De las emisiones de GEI en Canarias, estos dos sectores son los únicos que emiten metano a la atmósfera. Para ser más exactos en la actividad de tratamiento y eliminación de residuos, los desechos que se está contabilizando no son peligrosos. La procedencia de estas emisiones corresponde al metano generado en el reciclaje de los complejos ambientales de Tenerife, Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura. Es importante recalcar, que estos vertederos están incluidos en el registro

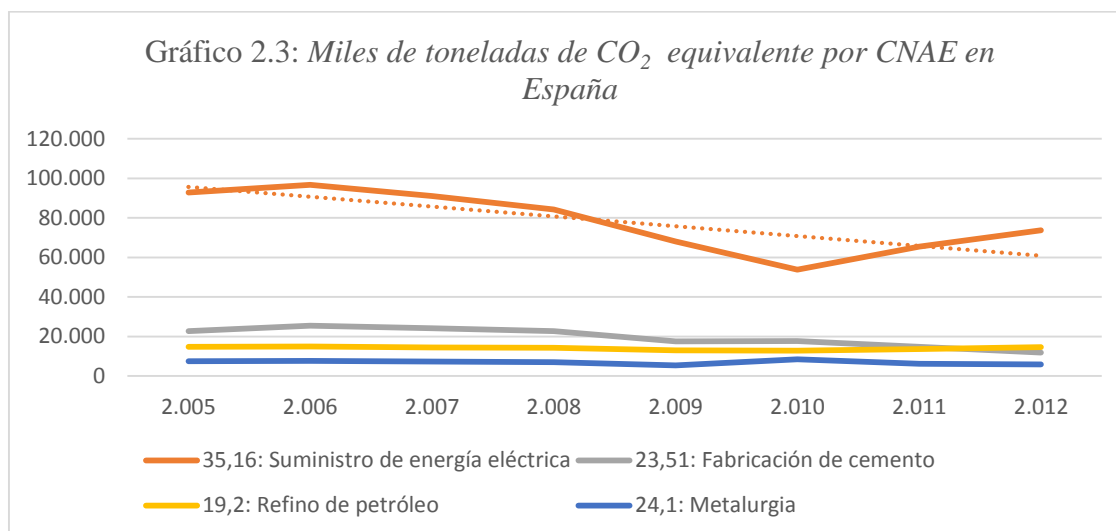
estatal, o bien porque reciben más de 10 toneladas por día de residuos o bien porque tienen una capacidad total de más de 25.000 toneladas con exclusión de los vertederos de residuos inertes²⁴, es decir, el resto se queda fuera del registro.

En cuanto al complejo medioambiental de Arico (Cabildo insular de Tenerife), se reciclan todos los residuos recogidos en la isla a excepción del vidrio y del papel que se procesan por los gestores de reciclado al respecto²⁵. Este complejo recoge la una tercera parte del metano liberado por las plataformas de tratamiento de residuos. Sin embargo, el complejo medioambiental de Juan Grande (Cabildo insular de Gran Canaria) es el que representa mayor emisión de metano liberado con algo menos del 48%.

En relación con los otros dos complejos medioambientales de Zonzamas y de Zurita (Excelentísimo Cabildo insular de Lanzarote y de Fuerteventura, respectivamente), su representatividad queda limitada al 20% (15% para Zonzamas y 5% para Zurita) del nivel total de metano liberado por los vertederos. De los residuos separados (contenedor amarillo, verde y azul) que llegan al complejo de Zonzamas se reciclan el 95%; mientras que de los residuos que no llegan separados en contenedores, se recicla menos del 1%²⁶. Evidencia de la importancia del reciclaje desde los hogares de las familias, que no solo es un ejemplo del complejo de Zonzamas sino del resto de vertederos, salvando las diferencias tecnológicas en el procesamiento de residuos.

Por otra parte, las emisiones de la avicultura proceden del metano liberado en las defecaciones de los pollos del grupo Atlántico 7, S.L. Hay que tener en cuenta, que el registro estatal solo contabiliza las instalaciones con más de 40.000 piezas de gallinas ponedoras, por lo que solo se representa una parte de la rama de actividad.

Llegados a este punto, cabe preguntarse cómo es el comportamiento de los sectores económicos en Canarias en relación con España. A continuación, examinamos las toneladas de GEI distribuidas por las principales ramas de actividad para el agregado nacional.



Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

²⁴ Aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

²⁵ Consultado en la página web del plan de residuos de Tenerife (RESTE) en el enlace: <http://www.reste.es/Preguntasfrecuentes/complejo.aspx>

²⁶ Consultado en la página web de Lanzarote recicla en el enlace: <http://lanzaroterecicla.net/zonzamas/>

El gráfico 2.3 muestra los principales sectores económicos que contribuyen a los GEI en España durante los años comprendidos entre 2005 y 2012. Para facilitar la visualización del gráfico se han seleccionado los sectores más contaminantes con más del 80%. De entre ellos destaca el sector del suministro de la energía eléctrica contribuyendo a más de la mitad de las emisiones GEI. La tendencia general de las emisiones a la baja viene explicada por el comportamiento de este sector, que al tener un peso mayoritario, una caída a lo largo de los años provoca que las emisiones totales también disminuyan. El resto de sectores que intervienen en los GEI, son respectivamente, la fabricación de cemento (13%), el refino de petróleo (10%) y la metalurgia (5%).

De forma más breve que en Canarias, vamos a ver los complejos industriales que están contribuyendo a las emisiones en España. En sentido, ENDESA Generación S.L. es el mayor responsable de los GEI con un 16.8% sobre el total, seguido de Gas Natural SDG, S.A. con un 6.9% y por último Hidroeléctrica del Cantábrico con un 5.2%. Todos los complejos mencionados pertenecen a la actividad de generación de energía eléctrica, y algunos más del sector que no nombramos por simplicidad, y que aparecen en las primeras posiciones de las industrias más contaminantes.

Tal y como sucede a nivel nacional, la actividad dedicada a la generación de energía eléctrica es la que en mayor contribuye a lo GEI en Canarias. En comparación, el refino de petróleo destaca por coincidir en las emisiones de ambos. Es decir, el comportamiento de las emisiones GEI en Canarias en la combustión de energía fósil es similar, aunque con distintos pesos, al observado en España. En definitiva, las centrales que generan energía son las que determinan el resultado de las emisiones GEI, tanto en Canarias como a nivel nacional.

Cuadro 2.3: Principales resultados del análisis del PRTR

EMISIONES GEI	España	Canarias
Población	Cada español emite de media al año 3,2 toneladas	Cada canario emite de media al año 2,2 toneladas
Rama de actividad	La actividad dedicada a la combustión de recursos fósiles genera el 63 % de las emisiones	La actividad dedicada a la combustión de recursos fósiles genera el 96.4 % de las emisiones
Complejo industrial	ENDESA es el responsable del 16.8% de las emisiones	ENDESA es el responsable del 85% de las emisiones

Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR

2.4 PROPUESTA DE INDICADORES ECONÓMICOS

Una de las ventajas que nos permite disponer de la base de datos del PRTR es la posibilidad de comparar la fuente de información del registro con otras fuentes oficiales. A través del CNAE, podemos relacionar las emisiones obtenidas de GEI con las cuentas económicas realizadas por el INE.

La información que proporciona el INE organizada por CNAE es la siguiente: a) PIB a precios de mercado, b) Remuneración de asalariados y c) Empleo total. El inconveniente surge en la representatividad de los gases GEI, si por un lado disponemos del total del valor de la producción generado en todo el sector y por otro solo las emisiones de los complejos industriales que no representan las emisiones totales del sector, entonces no podremos relacionar ambas variables.

En primer lugar, para seleccionar los sectores con los que realizaremos los indicadores económicos, priorizaremos sobre los más destacados: a) Suministro de energía eléctrica de origen térmico convencional (53% GEI), b) Fabricación de cemento, c) 19.2: Refino de petróleo (10% GEI) y d) Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones (5% GEI).

Con respecto al suministro de energía térmica (a), el INE aporta una única cifra económica para el agregado de sectores siguientes: industrias extractivas, suministro de energía eléctrica, gas, vapor, aire acondicionado, suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación. Podemos analizar la representatividad de la energía eléctrica de origen térmica, pero la cantidad de sectores imposibilitan ofrecer un resultado coherente.

De cualquier forma, para corroborar la veracidad del análisis realizado hasta ahora en relación al sector más contaminante en GEI, podemos decir que es representativo por 2 razones. Por un lado, en el PRTR se recogen dentro de este sector las instalaciones de producción de energía por combustión fósil, residuos o biomasa con una potencia térmica mayor de 50 MW. Según la red eléctrica de España, de las 64 principales centrales térmicas por CCAA, solamente las centrales térmicas de Cotesa en Santa Cruz (38MW), Llanos Blancos en Valverde (9MW), El Palmar en la Gomera (14MW) y de Arona (48.6MW) tienen una potencia térmica inferior a 50MW. Por otro lado, las estadísticas obtenidas por el PRTR acerca de las emisiones de GEI en este sector se aproximan casi en su totalidad a las cifras publicadas por el INE. A pesar de que las metodologías utilizadas fueron distintas y no se pueden comparar, aprovechamos las cifras oficiales como referencia para nuestro resultado.

Acerca de la fabricación de cemento (b), en la información del INE se incluye este sector dentro de la fabricación de productos de caucho y plástico y otros productos minerales no metálicos. En este sentido, en el PRTR se recogen las industrias que fabrican cemento y cal en hornos rotatorios o de otro tipo. Por tanto, el sector de la fabricación de cemento es representativo.

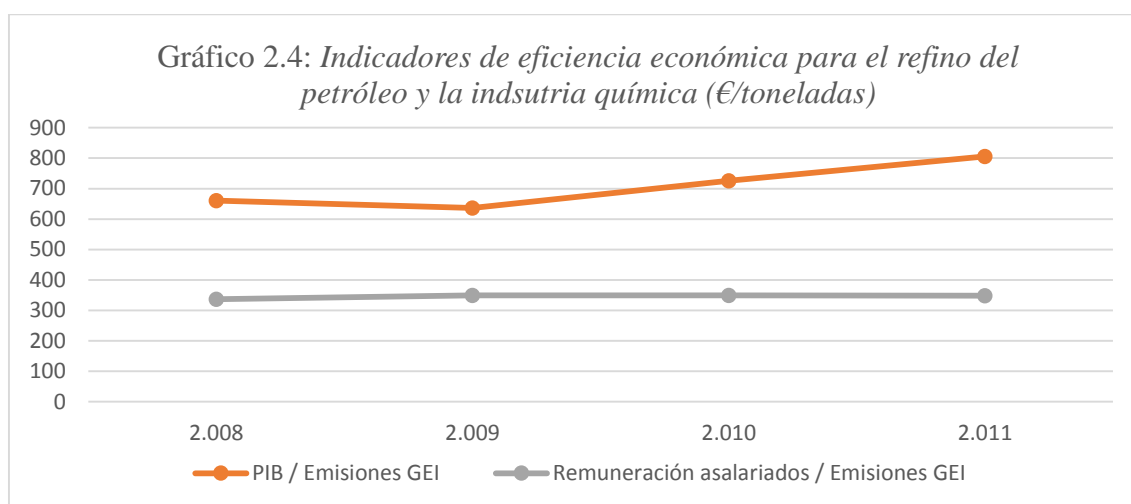
No obstante, en el registro estatal no se encuentra ninguna emisión de GEI asociada a la fabricación de caucho y plástico. Según el Ministerio de Medio Ambiente, tanto la producción de caucho como de plástico afectan al calentamiento global. En la extracción y producción de caucho se talan una gran cantidad de árboles y se produce la combustión de diversos materiales químicos emitiendo partículas que desprenden energía calorífica. A su vez, en la destilación de petróleo para obtener los input en la fabricación del plástico, se emiten entre otros gases contaminantes, CO₂, CH₄ y N₂O. En definitiva, emisiones GEI que no están computadas en el PRTR y por tanto, no se pueden proponer los indicadores.

En relación con el refino de petróleo (c), las estadísticas del INE delimitan este sector a las coquerías y refino de petróleo e industria química. Sobre el primero, el PRTR recoge todas las instalaciones para el refino de petróleo. Sobre el segundo, el registro recoge las instalaciones químicas para la fabricación de productos químicos orgánicos e inorgánicos, fertilizantes y medicamentos.

Aunque las instalaciones químicas para la fabricación de productos de base fitosanitarios, de biocidas²⁷ y de explosivos no aparecen en la base de datos del PRTR, la creación de estos productos tiene como consecuencias negativas principales la pérdida de biodiversidad y la contaminación al suelo y al agua, por lo que la contaminación a la atmósfera no es relevante.

Por consiguiente, las emisiones están recogidas en el PRTR. Los indicadores propuestos son los siguientes: a) PIB a precios de mercado/Emisiones GEI, b) Remuneración de asalariados/Emisiones GEI y c) Emisiones GEI/Empleo total. La serie comienza en el año 2008, debido a que la clasificación por CNAE-2009 corresponde al Real Decreto 475/2007 y finaliza en el 2011, puesto que del año 2012 no se presenta información.

Dicho lo anterior, elaboramos dos indicadores de eficiencia económica, el PIB a precios de mercado y la remuneración de asalariados (en miles de €) en relación a las emisiones de GEI (en miles de toneladas) y un indicador de intensidad de CO₂ que relaciona las emisiones de GEI (en miles de toneladas) con el empleo total (en miles de trabajadores).



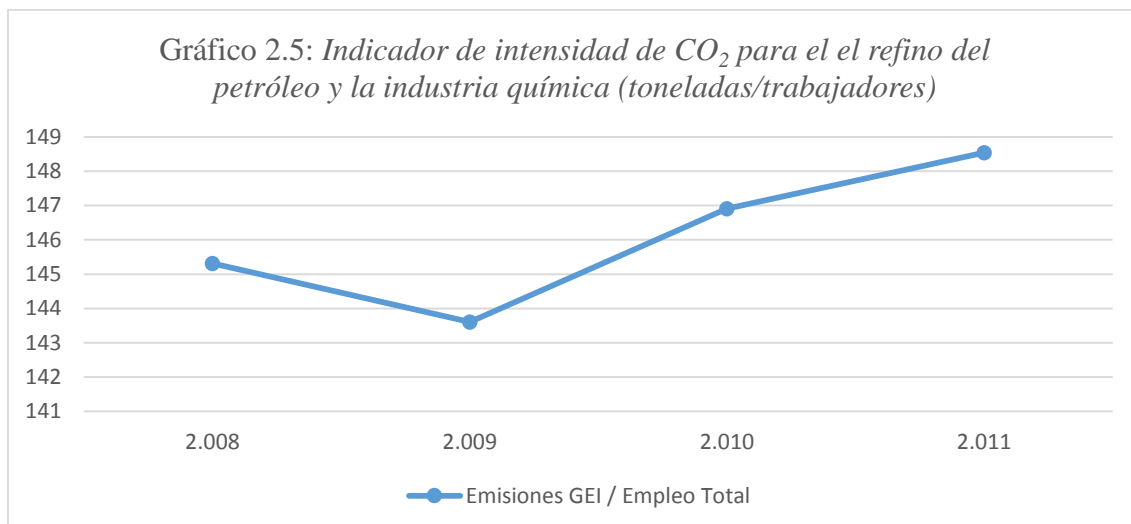
Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR y del INE

Antes de comenzar el análisis del gráfico 2.4, definimos los 2 indicadores de intensidad económica. La ratio PIB/emisiones GEI se define como el valor monetario de la producción generada por cada tonelada de emisión GEI. La ratio remuneración de asalariados/emisiones GEI se define como la cuantía de los salarios generados por cada tonelada de emisión GEI procedente de estos sectores.

En relación con la ratio PIB/emisiones GEI, se generan algo más de 707€ de media por cada tonelada emitida. Al mismo tiempo que se han controlado las emisiones de GEI con un descenso paulatino, el valor de la producción ha ido en aumento, es decir, emitiendo la misma cantidad de contaminación se ha obtenido un mayor rendimiento de los recursos utilizados. Por tanto, se ha producido una ganancia de eficiencia económica.

En cuanto a la ratio remuneración asalariados/emisiones GEI, se generan 346€ de media por cada tonelada emitida. Los salarios procedentes de estos sectores se han mantenido prácticamente constantes, la igual que las emisiones asociadas con esa contraprestación. Por tanto, la serie no presenta grandes variaciones.

²⁷ Se refiere a las sustancias químicas sintéticas o de origen natural en microorganismos que están destinados a destruir, contrarrestar, impedir y neutralizar cualquier organismo considerado nocivo para el ser humano.



Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR y del INE

La ratio emisiones GEI/empleo total se define como la cantidad de emisiones necesarias para crear un puesto de trabajo. En el gráfico 2.7 se puede observar como el comportamiento de la ratio es irregular, después de un descenso en el año 2009 se produce un crecimiento en los dos años siguientes. No obstante, la varianza del indicador es muy pequeña y en una seria más larga, los años del 2008 al 2011 permanecerían prácticamente constante. El resultado sobre esta ratio es la emisión de 146 toneladas de CO₂ de media para que se genere un puesto de trabajo en estos sectores.

Por último, en lo que toca a la fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones (d), las agrupaciones realizadas por el INE lo establecen dentro de los sectores de la metalurgia y de la fabricación de productos metálicos excepto maquinaria y equipo.

En el PRTR, se recoge una parte pequeña de la producción de las instalaciones para la transformación de metales. Por lo tanto, ni siquiera las emisiones procedentes del sector de la fabricación del hierro, acero y ferroaleaciones recogidas en el PRTR son representativas. En definitiva, no podemos elaborar indicadores para este sector. Sobre los resultados obtenidos en el análisis descriptivo, las emisiones de GEI no llegan al 5%, por lo que disponer de una actividad económica sesgada pero poco representativa en emisiones, no distorsiona el análisis elaborado.

2.5 GEOLOCALIZACIÓN

Uno de los principales inconvenientes sobre los problemas ambientales era la falta de información hasta el momento en que pudimos disponer de grandes bases de datos de carácter público. La particularidad que tiene la contaminación a la atmósfera emitida por las industrias es que no es visible de forma general por el ojo humano, a excepción de las concentraciones de emisiones en los principales núcleos de población.

Es por ello que el objetivo de este apartado es el de visualizar la información obtenida del PRTR geocalizando las emisiones en un mapa. De modo que se ha utilizado un programa estadístico para representar las emisiones, en particular, el software Tableau Desktop versión 9.0²⁸.

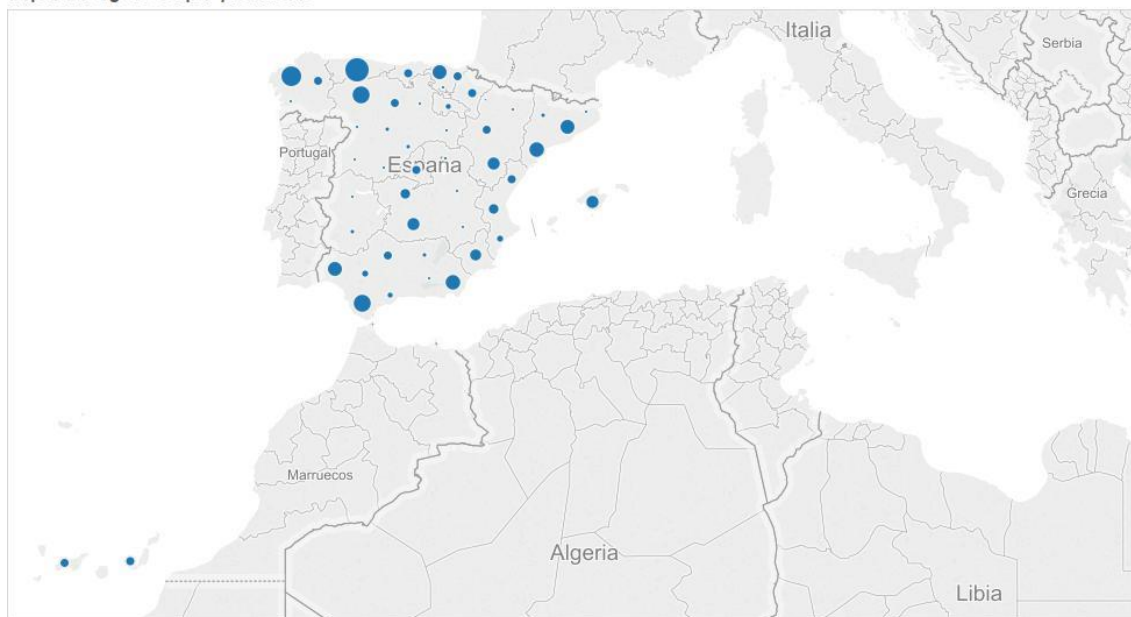
²⁸ Para más información puede acceder al siguiente enlace: <http://www.tableau.com/es-es>

A lo largo del trabajo hemos desarrollado el análisis en función de los GEI, puesto que son los gases que representan el problema ambiental de cambio climático y porque tienen la ventaja de poder normalizar los gases comprendidos dentro del grupo a una misma unidad de medida (CO₂ equivalente). Además de geolocalizar los GEI, vamos a analizar brevemente el resto de grupos de gases representándolos en los mapas.

2.5.1 GEI

En primer lugar, vamos a visualizar las emisiones GEI por provincias representando la cantidad de los kilogramos de gases en función del tamaño de los puntos para todos los años.

Mapa 2.1: Kg de GEI por provincias



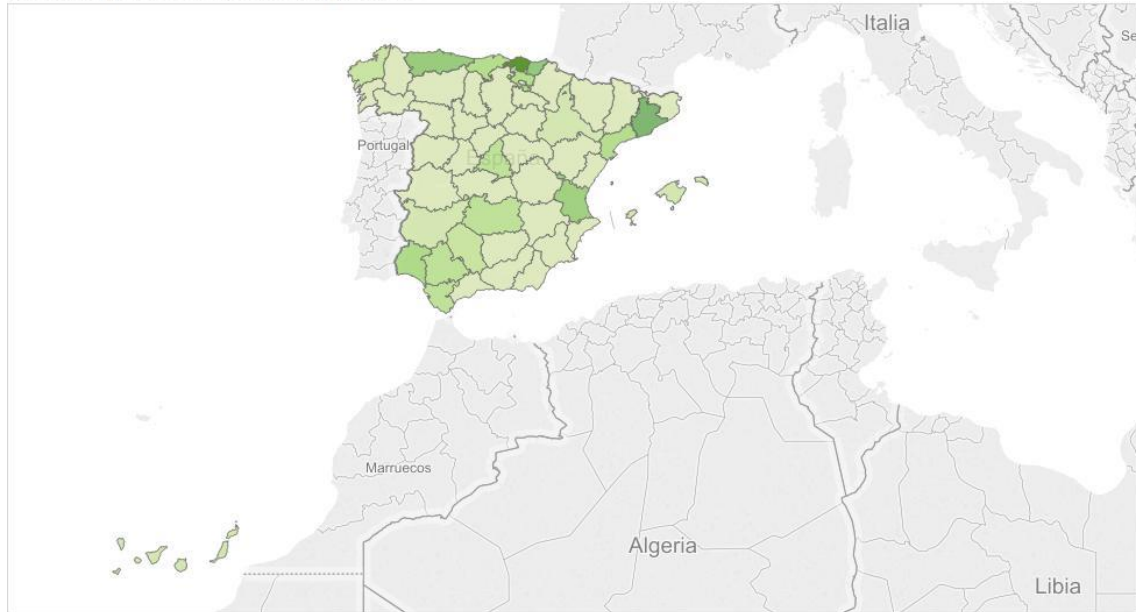
Mapa basado en Longitud (generado) y Latitud (generado). El tamaño muestra suma de Kg Co2 Eq. Se muestran detalles para Provincias.

En el mapa 2.1 se puede observar la distribución geográfica de las emisiones. La mayor concentración de gases se ubica a lo largo de la costa, donde existe una mayor densidad de población a excepción de Madrid. En los puntos más grandes se localizan los complejos industriales de las actividades del suministro de energía, el refinado de petróleo y metalurgia. En concreto, las centrales térmicas de As Pontes en Coruña y del litoral de Almería, el complejo industrial de Repsol de refinado de petróleo en Tarragona y Arcelormittal España ubicada en Cantabria. Por último, la provincia de Ourense es la única dentro del ámbito español que no presenta ninguna emisión asociada a GEI.

2.5.2 Metales pesados y compuestos orgánicos persistentes (COP)

En segundo lugar, vamos a representar las sustancias contaminantes clasificadas en los grupos de los metales pesados y los compuestos orgánicos persistentes (COP). La geolocalización en este caso se realiza en dos mapas representando la cantidad total de kilogramos por provincias en función del color, cuánto más fuerte mayor cantidad de kg emitida y viceversa.

Mapa 2.2: Kg de metales pesados por provincias

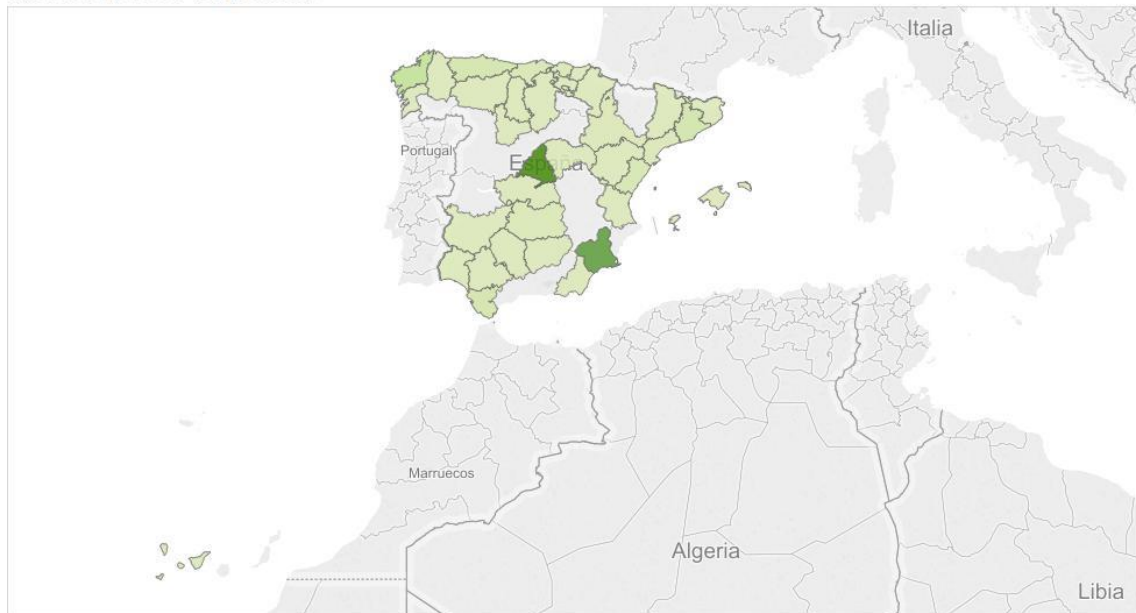


Mapa basado en Longitud (generado) y Latitud (generado). El color muestra suma de Kg De Metales Pesados. Se muestran detalles para Provincias.



Como se puede observar en el mapa 2.2, las sustancias de metales pesados están concentradas en una minoría de provincias. Las provincias de Vizcaya, Barcelona y Guipúzcoa son las más contaminantes, respectivamente. De forma más específica, el complejo industrial que más sustancias de metales pesados emite es Sidenor industrial S.L. en Vizcaya, que se dedica a la fabricación de hierro, acero y ferroleaciones. Es más, todas las emisiones de este tipo proceden del sector de la metalurgia. Entre los otros complejos industriales que emiten este tipo de sustancias destacan, la acería compacta de Bizkaia, S.A. y la fábrica de Huelva Atlantic Copper, S.L.U.

Mapa 2.3: Kg de COP por provincias



Mapa basado en Longitud (generado) y Latitud (generado). El color muestra suma de Kg de COP. Se muestran detalles para Provincias.



Acerca del mapa 2.3, solo las provincias de Madrid y Murcia contribuyen a más del 80% de las emisiones de las sustancias de COP. Una vez más, al igual que sucede con los metales pesados, todas las emisiones proceden del sector de la metalurgia. En particular, Corrugados Getafe en Madrid (complejo que aporta la mitad de las sustancias emitidas) y Navantia Dársena de Cartagena en Murcia.

En relación a los metales pesados, estas sustancias pertenecen al grupo de elementos químicos naturales con propiedades metálicas extraídos de la corteza terrestre y potencialmente tóxicos, según la información proporcionada por el propio PRTR. Estas sustancias están reguladas desde la UE con el Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos para limitar los efectos sobre el medio ambiente y la salud humana

En cuanto a los COP, son sustancias químicas que persisten en el medio ambiente, bioacumulables y potencialmente tóxicas. Según el PRTR, a nivel internacional, el Convenio de Estocolmo²⁹ es el principal instrumento para su regularización y a nivel europeo, se aprobó el Reglamento (CE) 850/2004 del Parlamento Europeo sobre COP³⁰.

2.5.3 Sustancias que afectan a la capa de ozono

Por último, vamos a geolocalizar tanto las sustancias precursoras de ozono como las sustancias que agotan ozono (SAO) en el mismo mapa a nivel de Canarias. La singularidad de este análisis, es que se representan las sustancias contaminantes emitidas por cada uno de los complejos industriales georreferenciados por la latitud y longitud. Además, la representación del mapa se realiza en función del tamaño de los puntos.

Mapa 2.4: Kg de sustancias precursoras/agotadoras de ozono por complejos industriales



Mapa basado en Longitud (generado) y Latitud (generado). El tamaño muestra suma de Kg De Sustancias Precursoras/Agotadoras De Ozono. Se muestran detalles para Complejos.

El mapa 2.4 muestra la distribución de las sustancias agotadoras y precursoras de ozono por la latitud y longitud de los complejos industriales. Todos los puntos que se observan en el mapa corresponden a las sustancias precursoras de ozono, a excepción del punto más pequeño en Gran Canaria.

²⁹ El Convenio de Estocolmo es un acuerdo internacional que regula el tratamiento de las sustancias tóxicas COP, firmado en mayo de 2001 en Estocolmo aunque entró en vigor en mayo de 2004.

³⁰ Para más información puede consultar el Centro Nacional de referencia sobre COP en el siguiente enlace: <http://www.cncop.es/gc/home-es-ES/>

A exclusión de las 2 emisiones de Lanzarote y La Palma, las emisiones de estas sustancias están concentradas en las islas capitalinas. La Central diésel de Punta Grande en Lanzarote es el complejo que más sustancias aporta a la atmósfera, seguido de la Central diésel de Las Salinas en Tenerife, la Central térmica de Jinámar en Gran Canaria y por último la Central diésel de Los Guinchos en La Palma. No todos los complejos corresponden al sector del suministro de la energía eléctrica de origen convencional, también destaca la Refinería de Tenerife, que incluye a su vez la Cogeneración de Tenerife, en el sector de coquerías y refino de petróleo. Desde otra perspectiva, el complejo encargado de la recogida y tratamiento de aguas residuales Edar del Sureste es el único que emite SAO.

Los gases precursores de ozono favorecen la formación de ozono en las capas bajas de la atmósfera (troposfera) provocando a la par, daños a la salud humana y a los ecosistemas. Además, las sustancias agotadoras de ozono provocan la disminución de la capa de ozono en la estratosfera. En definitiva, intervienen en distintas capas del ozono por lo que el efecto de un gas no contrarresta al otro.

En lugar de contribuir a la disminución de alguna capa de ozono, el resultado obtenido sobre las emisiones de las industrias muestra la contribución a la formación de la capa más baja del ozono. El sencillo experimento realizado en Canarias sobre los gases que afectan al ozono es un reflejo del cumplimiento del Protocolo de Montreal a nivel internacional, que ya mencionamos en el apartado 1.1.2 del trabajo.

El otro grupo que queda por analizar se refiere a los pesticidas, sustancias destinadas a influir en los procesos de los organismos vivos que pueden tener efectos muy negativos en la salud humana. Los pesticidas se utilizan en la actividad de la agricultura para controlar organismos nocivos que contengan enfermedades. Dicho lo anterior, no resulta importante realizar el análisis sobre este grupo, sobre todo, teniendo en cuenta que el resultado sería un mapa en el que se reflejase la localización de las regiones que se dedican en mayor medida a la agricultura.

CONCLUSIONES

En la introducción del trabajo marcábamos dos grandes objetivos. El primero era recopilar la literatura en relación a los problemas ambientales y su análisis económico en relación a la importancia de la información y la disponibilidad de datos masivos. El segundo de los objetivos ha sido analizar la base del PRTR para obtener aplicaciones económicas con objeto de profundizar en los efectos de una mayor disponibilidad de información ambiental.

En relación a la revisión literaria, el principal resultado es la aportación de mayores conocimientos acerca de los problemas ambientales, la economía ambiental y de los datos masivos, puesto que a día de hoy no existe un gran listado de referencias bibliográficas a las que podamos acudir. Por tanto, se pretende aportar una visión general del problema de la falta de información en el medio ambiente, que puede ser utilizado para profundizar en otros trabajos dirigidos con otros objetivos.

En cuanto a la base de datos del PRTR, debemos de resaltar las conclusiones obtenidas a partir de la extracción de la información del PRTR. Es por ello, que analizamos de forma diferente los resultados obtenidos en el análisis descriptivo, en la propuesta de indicadores económicos y en los mapas de geolocalización.

En referencia al análisis descriptivo, se ha realizado el análisis por comunidades autónomas, por sectores económicos y por complejos industriales en Canarias. Ya mencionamos en el desarrollo del trabajo, que los resultados sobre las contaminación por regiones es menos relevante que por sectores económicos, ya que las emisiones afectan por igual a la atmósfera independientemente del origen de la misma.

El análisis por regiones nos permite evaluar la supervisión de las políticas ambientales. En este sentido, Asturias es la comunidad que más llama la atención por ser la comunidad que más emisiones de GEI per cápita emite. Otras comunidades como Madrid y Extremadura son las que menos contaminantes de forma per cápita. El dato a nivel de España es de 3.2 toneladas de GEI por habitante y a nivel de Canarias de 2.2 toneladas.

El análisis por sectores económicos según el CNAE nos revela que los sectores económicos que más emisiones de GEI emiten son los relacionados con la combustión de recursos fósiles. En particular, el sector del suministro de la energía eléctrica de origen térmica convencional (55.4% GEI) y el refino del petróleo (10%).

El análisis por complejos industriales para el caso de Canarias y posterior comparación a nivel nacional, nos revela que el comportamiento de las emisiones GEI en Canarias, al contrario de lo que sucede con España, tiende al alza. Principalmente viene explicado por el sector del suministro de la energía eléctrica con un 86% sobre los GEI y refino de petróleo con un 10.4%.

Los complejos industriales que explican las emisiones del sector del suministro de energía eléctrica en Canarias son mayoritariamente las centrales térmicas y diésel que son propiedad de ENDESA contribuyendo al 85% de las emisiones. Igualmente sucede en el agregado nacional, volviendo a ser ENDESA el mayor responsable de las emisiones GEI con un 16.8% sobre el total.

En referencia a la propuesta de indicadores económicos, se han realizado las siguientes ratios económicas: a) PIB a precios de mercado/Emisiones GEI b) Remuneración de asalariados/Emisiones GEI y c) Emisiones GEI/Empleo total.

Así mismo, para la realización de los indicadores económicos, era condición necesaria que el sector analizado sea representativo en las emisiones emitidas de GEI. Los sectores seleccionados para realizar el indicador económico fueron los más significativos en la contribución de GEI. Los sectores analizados son los siguientes: a) Suministro de energía eléctrica de origen térmico convencional b) Fabricación de cemento c) Refino de petróleo y d) Fabricación de productos básicos de hierro, acero y ferroaleaciones.

El suministro de la energía eléctrica era representativo, sin embargo el INE en sus fuentes oficiales por código CNAE, agrupa este sector económico junto con el gas, vapor, aire acondicionado, suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos descontaminación. Por tanto, el resultado obtenido de este sector sería incoherente.

Lo mismo ocurre con el sector de la fabricación del cemento, que a pesar de estar en el grupo de otros productos minerales no metálicos es representativo. Sin embargo, el INE además lo incluye en el sector de productos de caucho y plástico, dos materiales que en su proceso de fabricación emiten gases que afectan al cambio climático y que no son recogidos en el PRTR.

En el caso del sector de la metalurgia, hierro, acero y ferroaleaciones, directamente no son representativos, puesto que el PRTR solo recoge una parte de la producción de las

instalaciones a tal fin. A pesar de ello, contribuyen con algo menos del 5% a las emisiones GEI, por lo que no distorsiona el análisis descriptivo.

Sobre el sector del refino del petróleo, el PRTR recoge todas las instalaciones industriales dedicadas a esa actividad. Aunque está agrupado con el sector de la industria química, las emisiones de las instalaciones industriales químicas que no recoge el PRTR no afectan directamente al cambio climático.

A continuación, analizamos los resultados obtenidos por los indicadores de eficiencia económica e intensidad de la contaminación. En relación a los indicadores de eficiencia económica, se genera un valor de producción de 707€ de media por cada tonelada emitida y por otro, se generan 346 € de salarios por cada tonelada liberada. En cuanto al indicador de intensidad del CO₂, se necesitan 146 toneladas de GEI para crear un puesto de trabajo.

En referencia a la geolocalización de la contaminación, se ha realizado la representación de las sustancias contaminantes en los mapas. El análisis se ha centrado en los GEI por provincias, metales pesados y COP por provincias y sustancias agotadoras/precursoras de ozono por complejo industrial en Canarias.

De la representación de las emisiones GEI en el mapa, podemos observar cómo la mayoría de las emisiones se ubican en la costa en donde se localizan los complejos industriales más contaminantes.

De la representación de las sustancias contaminantes de metales pesados y COP, la localización de dicha contaminación se ubica en determinadas provincias puntuales que son las que recogen los complejos industriales de los sectores de la metalurgia. Hay que tener en consideración que a pesar de que estas sustancias sean minoritarias, tienen un gran impacto sobre la salud humana y el medio ambiente.

De la representación de las sustancias agotadoras/precursoras de ozono en Canarias, se puede observar como la mayoría de las emisiones corresponden a las islas capitalinas, principalmente por las centrales térmicas y diésel y la Refinería de Tenerife. En este mapa, llama la atención que solo una empresa dedicada al tratamiento de aguas residuales emita SAO en una cantidad simbólica. En definitiva, el sencillo experimento realizado en Canarias sobre los gases que afectan al ozono es un reflejo del cumplimiento del Protocolo de Montreal a nivel internacional.

Resulta evidente pensar que los resultados descritos suponen un gran avance en relación a la falta de información medioambiental disponible que se tenía hasta ahora. En particular, la base de datos del PRTR proporciona medios suficientes para evaluar la efectividad de las políticas ambientales y modificar la valoración del entorno natural de los individuos. Sin embargo, proporciona un gran avance debido a que se partía de inicio de unos niveles de información muy bajos, por lo que toda aportación es significativa.

En definitiva, los avances realizados por los datos masivos son reveladores e importantes para la supervisión de las políticas ambientales y la valoración del medio ambiente, sin embargo, tener la posibilidad de seguir avanzado con la herramienta de los datos masivos y permanecer en el progreso actual es el símil de tener conocimientos y no saber expresarlos, lo que conlleva un desenlace ineficiente.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, F. y Alcántara, V. (1994). *De la Economía Ambiental a la Economía Ecológica*. Barcelona: Fuhem
- Baumol W., y Oates W. (1982). *La teoría de la política económica del medio ambiente*. Barcelona: Antoni Bosch, editor, S.A.
- Cop21.gouv.fr. Recuperado de 2015 de: <http://www.cop21.gouv.fr/es>
- Common M., y Stagl S. (2008). *Introducción a la Economía Ecológica*. Barcelona: Reverté
- Cnrcop.es. Recuperado de 2015 de: <http://www.cnrcop.es/gc/home-es-ES/>
- Harford, T. (2014). Big data: Are we making a big mistake? *The Financial Times*
- INE.es. Recuperado de 2015 de: <http://www.ine.es/>
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Suiza
- Lanzaroterecicla.net. Recuperado de 2015 de: <http://lanzaroterecicla.net/>
- Lavandeira X., León C., y Vázquez M. (2007). *Economía ambiental*. Madrid: Pearson Educación S.A
- Lohr, S. (2012). The Age of Big Data, *The New York Times*
- Lomborg, B. (2001). *El ecologista escéptico*. Dinamarca: Espasa Calpe
- Magrama.gob. Recuperado de 2015 de: <http://www.magrama.gob.es/es/>
- Mayer-Schöemberger, V., y Cukier K. (2013). *Big Data. La revolución de los datos masivos*. Madrid: Turner Publicaciones, S.L.
- Naciones Unidas (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*
- Oficemen. Recuperado de 2015 de: https://www.oficemen.com/default.asp?id_cat=10
- Perloff, J. (2004). *Microeconomía*. (3ª ed) Madrid: Pearson educación, S.A.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2012). *GEO-5. Perspectivas del Medio Ambiente Mundial*. Panamá: Editora Novo Art, S.A.
- Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono
- PRTR-es. Recuperado de 2015 de: <http://www.prtr-es.es/>
- Reste.es. Recuperado de 2015 de: <http://www.reste.es/>
- Secretaría del Ozono, PNUMA. (2001). *Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono*. Kenya
- Stiglitz, J. (1998). (2ªed) *Microeconomía*. Barcelona: Editorial Ariel S.A.
- Tableau. Recuperado de 2015 de: <http://www.tableau.com/es-es>
- Transparencia.gijon. Recuperado de 2015 de: <https://transparencia.gijon.es/>
- World Economic Forum. (2012). *Big data, big impact: New possibilities for international development*. Switzerland

ANEXO

Tabla 2.1: Miles de habitantes por C.C.A.A.								
CCAA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Andalucía	7.849,8	7.975,7	8.059,5	8.202,2	8.302,9	8.371,0	8.424,1	8.450,0
Aragón	1.269,0	1.277,5	1.296,7	1.326,9	1.345,5	1.347,1	1.346,3	1.349,5
Asturias, Principado de	1.076,6	1.076,9	1.074,9	1.080,1	1.085,3	1.084,3	1.081,5	1.077,4
Balears, Illes	983,1	1.001,1	1.030,7	1.072,8	1.095,4	1.106,0	1.113,1	1.119,4
Canarias	1.968,3	1.995,8	2.026,0	2.076,0	2.104,0	2.118,5	2.126,8	2.118,3
Cantabria	562,3	568,1	572,8	582,1	589,2	592,3	593,1	593,9
Castilla y León	2.510,8	2.523,0	2.528,4	2.557,3	2.563,5	2.559,5	2.558,5	2.546,1
Castilla - La Mancha	1.894,7	1.932,3	1.977,3	2.043,1	2.081,3	2.098,4	2.115,3	2.121,9
Cataluña	6.995,2	7.134,7	7.210,5	7.364,1	7.475,4	7.512,4	7.539,6	7.570,9
Comunitat Valenciana	4.692,4	4.806,9	4.885,0	5.029,6	5.094,7	5.111,7	5.117,2	5.129,3
Extremadura	1.083,9	1.086,4	1.090,0	1.097,7	1.102,4	1.107,2	1.109,4	1.108,1
Galicia	2.762,2	2.767,5	2.772,5	2.784,2	2.796,1	2.797,7	2.795,4	2.781,5
Madrid, Comunidad de	5.964,1	6.008,2	6.081,7	6.271,6	6.386,9	6.458,7	6.489,7	6.498,6
Murcia, Región de	1.335,8	1.370,3	1.392,1	1.426,1	1.446,5	1.462,0	1.470,1	1.474,4
Navarra, Comunidad Foral	593,5	601,9	605,9	620,4	630,6	636,9	642,1	644,6
País Vasco	2.124,8	2.133,7	2.141,9	2.157,1	2.172,2	2.178,3	2.184,6	2.193,1
Rioja, La	301,1	306,4	309,0	317,5	321,7	322,4	323,0	323,6
España	44.108,5	44.709,0	45.200,7	46.157,8	46.745,8	47.021,0	47.190,5	47.265,3

Fuente: INE

Tabla 2.2: Miles de toneladas de CO ₂ equivalente por C.C.A.A.								
CCAA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Andalucía	32.899,3	31.408,9	33.570,2	27.400,6	26.542,1	24.813,9	25.939,7	26.501,6
Aragón	7,9	10.630,7	10.637,3	9.999,4	7.327,7	5.463,2	8.665,5	7.215,2
Asturias	27.017,3	23.895,6	14.928,1	19.204,2	15.136,6	14.584,2	15.529,4	19.712,3
Balears	5.452,0	5.570,4	5.313,8	5.536,3	5.416,1	5.131,3	4.824,0	5.069,2
Canarias	952,7	7.261,5	4.293,2	4.474,9	4.453,8	5.259,1	3.063,5	6.164,8
Cantabria	3.161,3	3.076,7	3.085,9	3.327,0	2.380,3	2.520,7	2.288,2	1.856,9
Castilla y León	20.651,2	16.982,4	17.532,5	14.626,9	7.408,0	3.121,6	11.926,7	17.356,1
Castilla-La Mancha	9.404,6	12.501,9	11.483,2	9.438,7	7.634,6	7.073,2	6.605,9	6.455,6
Cataluña	14.158,4	14.113,6	13.784,5	17.415,2	14.908,1	14.124,5	13.581,4	14.375,3
Comunidad Valenciana	7.893,2	8.075,9	8.025,2	9.003,5	8.623,8	8.279,9	6.951,9	3.258,4
Extremadura	266,7	821,8	817,0	860,3	607,8	535,4	510,6	554,7
Galicia	18.215,5	18.556,1	19.298,6	14.172,6	11.976,4	10.518,5	12.838,3	16.096,0
Madrid	3.144,6	3.274,2	3.669,2	2.377,9	1.846,9	1.857,7	1.687,0	1.470,6
Murcia	2.700,9	2.251,5	4.806,8	7.372,5	5.478,6	4.342,4	3.928,3	3.211,6
Navarra	3.018,3	1.605,8	2.697,4	3.337,3	2.793,0	2.878,1	2.198,6	2.100,2
País Vasco	11.012,8	11.581,4	10.062,3	7.114,1	8.338,7	8.727,3	6.450,4	7.401,1
Rioja (La)	1.027,7	1.630,0	1.454,0	1.334,9	673,8	508,2	381,0	20,4
España	160.984,3	173.493,4	165.582,3	157.275,2	131.821,5	120.023,8	127.658,2	139.111,9

Fuente: Elaboración propia a partir del PRTR