

## Trabajo Fin de Grado

# ¿ES SOSTENIBLE EL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL? POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS

Autor:

ELISA ARIBAU ROYES

Director:

BLANCA SIMÓN FERNÁNDEZ

Facultad de Economía y Empresa

2015

Autor del trabajo: ELISA ARIBAU ROYES

Director del trabajo: BLANCA SIMÓN FERNÁNDEZ

Título: ¿ES SOSTENIBLE EL SISTEMA ENERGÉTICO ESPAÑOL?. POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS

Titulación: Grado en Administración y Dirección de Empresas

**Resumen:**

En este trabajo se pretende dar una idea clara sobre la relevancia del cambio climático y su relación con el sistema energético de nuestro país. Su principal objetivo consiste en predecir la evolución en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, siempre en función del mix energético futuro.

Con el estudio realizado, queda demostrada la relación entre el calentamiento global del planeta y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), estos gases se desprenden mayoritariamente como consecuencia del uso de combustibles fósiles y nuestro sistema energético se basa mayoritariamente en este tipo de energía.

Por este motivo podemos concluir que el modelo energético español tal y como se conoce no es sostenible, ni desde el punto de vista medioambiental y tampoco por independencia energética.

**Palabras clave:** Cambio climático, sistema energético español, emisiones de GEI y sostenibilidad.

**Abstract:**

The aim of this final degree Project is to offer an accurate view concerning the importance of the climate change and our country's relation towards it. The main target is to predict the evolution of the GHG gas emissions to the atmosphere taking into account the future energetic mixture.

With this study, it is demonstrating the link between global warming and the emission of greenhouse gases (GHGs), mainly off these gases resulting from the use of fossil fuels and our energy system is mostly based on this type of power.

Therefore we can conclude that the Spanish energy model as known is not sustainable, nor from an environmental point of view and also for energy independence.

**Key Words:** Climatic change, Spanish energetic system, GHG emissions and sustainability.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. SITUACIÓN DE ESPAÑA: MODELO ENERGÉTICO ACTUAL.....</b>	<b>9</b>
2.1. CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA Y FINAL.....	9
2.2. SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y MEDIO AMBIENTAL .....	18
<b>3. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DEL MODELO ENERGÉTICO ACTUAL Y POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS .....</b>	<b>22</b>
3.1. DATOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO .....	22
3.2. CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PARA LOS ESCENARIOS CONTEMPLADOS.....	23
3.2.1. <i>Proyecciones del mix energético y de los consumos .....</i>	<i>23</i>
3.2.2. <i>Emisiones de CO<sub>2</sub>.....</i>	<i>27</i>
3.2.3. <i>Relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB.....</i>	<i>29</i>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>34</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por el medio ambiente se ha introducido en las sociedades avanzadas y está afectando a los estilos de vida de los individuos. Esta inquietud por la calidad del medio ambiente ha jugado un papel muy importante en el proceso de cambio social en el que estamos sumergidos. La crisis ecológica se ha convertido en un impulso para la modernización de las sociedades al tener que hacer frente a los problemas medioambientales locales y globales.

En los años ochenta ya es evidente el interés de las sociedades industriales contemporáneas sobre los problemas ecológicos. Y precisamente en este contexto nace la teoría de la modernización ecológica, sobre todo en países como Alemania y Holanda debido a los sociólogos fundadores Martin Jänicke y Joseph Huber. Concretamente, la modernización ecológica apuesta por la innovación tecnológica para dar respuesta a la crisis medioambiental, frente a las críticas tradicionales de los ecologistas sobre los peligros para el medio ambiente de un desarrollo tecnológico descontrolado. En otras palabras, defiende el apoyo a la ciencia, la tecnología y el desarrollo industrial para dar solución a los problemas que ellas mismas, en parte, han creado. De este modo, el objetivo principal no es otro que apoyar la convivencia entre crecimiento económico y protección medioambiental aparentemente imposible. También es evidente que la modernización ecológica resulta ser una teoría bastante optimista al barajar la posibilidad de continuar creciendo sin que eso signifique la destrucción ambiental y, por tanto, de la humanidad.

La definición de desarrollo sostenible también se formalizó en la misma década, concretamente en el documento conocido como Informe Brundtland de 1987, fruto de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, Organismo independiente constituido por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1983. En él se menciona lo siguiente:

*“Meet the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”<sup>1</sup> (WCED, 1987, Chapter 2: Towards Sustainable Development)*

Actualmente este concepto es bastante más amplio y se basa en tres dimensiones: la medioambiental, la social y la económica, y en todos los casos la energía, en concreto la renovable, juega un papel muy importante. Es decir, el cambio climático no es el único factor por el que se debe perseguir un sistema energético de este tipo, existen otros adicionales como la seguridad en el suministro, la independencia energética, la contaminación local y los problemas de salud derivados de ella, entre otras.

En cualquier caso, resulta evidente que el actual modelo energético es totalmente insostenible, tanto desde el punto de vista medioambiental como de la seguridad en el suministro e independencia energética. A corto plazo se encuentra la inestabilidad geopolítica de algunos de los principales países productores y a largo plazo el agotamiento de los recursos fósiles. Es precisamente de este último hecho donde surgió la idea de abordar este tema para el presente documento. La insostenibilidad se hace latente en varias consecuencias expuestas a continuación:

- En 1903 el científico sueco Svante August Arrhenius (1859-1927) publicó *“Tratado de física del cosmos”*, así se convirtió en el primero en proclamar que los combustibles fósiles podrían dar lugar o acelerar el calentamiento de la tierra. Estableció una relación entre concentraciones de dióxido de carbono atmosférico y temperatura. De ahí que el cambio climático esté afectando al planeta y la sociedad contribuye diariamente a incrementarlo. En el último siglo, Europa ha visto aumentada su temperatura media en 1°C, a un ritmo mayor que el resto del planeta; España se ha calentado más aún que la media europea, entre 1,2°C y 1,5°C. Para estimar situaciones futuras, se utilizan modelos matemáticos que relacionan los GEI con la temperatura. Un incremento de temperatura superior de 2°C como respuesta a la alta concentración de CO<sub>2</sub>, supondrá la entrada del planeta en una situación de grandes catástrofes ambientales con importantes

---

<sup>1</sup> Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.

<sup>3</sup> Los datos se reflejan como una fracción molar de aire seco definida como el número de moléculas de dióxido de carbono, dividido por el número de las moléculas en el aire. La fracción molar se expresa **6**

consecuencias. Esto también afecta a las sociedades humanas, ya que se ven modificados los patrones agrícolas, la disponibilidad de agua, las temperaturas, la extensión de enfermedades o las inundaciones de grandes zonas costeras e islas, lo que podría provocar enormes migraciones humanas, un gran caos económico, crisis alimentaria y, en definitiva, una crisis humanitaria.

- Para John Theodore Houghton, fundador del Centro Hadley y copresidente del grupo de evaluación científica del IPCC en sus primeros tres informes, está admitido que se producirá un daño generalizado por el aumento del nivel del mar y olas de calor, por inundaciones y sequías más frecuentes e intensas. Llegados a este punto, es necesaria una alianza mundial de reducción de emisiones.

- Es importante abordar también el aspecto financiero. España importó en 2014 el 71,7%, de los recursos energéticos, lo que supone un coste considerable para el país. Por este motivo es importante valorar el efecto que produciría para España un aumento del consumo de energías renovables: cada kWh generado con renovables tiene como contrapartida un kWh no generado con gas o carbón, combustibles que no son gratuitos, evitando la necesidad de importarlos. Además también hay que contar con la existente necesidad de adquirir derechos de emisión de CO<sub>2</sub>, elemento totalmente innecesario si se consumen energías que no emiten este tipo de gases. Todas estas medidas se reflejan en la industria española, que sigue afrontando un problema de competitividad en relación con los costes energéticos.

- Son muchos los motivos por los que la sociedad siente una importante preocupación por el medio ambiente. Sin embargo, el aumento de la temperatura global del planeta es la que ha encendido las señales de alarma sobre la sostenibilidad de nuestros consumos energéticos actuales.

- Como respuesta a la creciente preocupación de la población sobre el medio ambiente, nació en 1992 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El objetivo consistía en reunir al “órgano supremo” de la Convención, es decir, la máxima autoridad con capacidad de decisión de la Convención, con el fin de mantener los esfuerzos internacionales por resolver los problemas del cambio climático. Pero no fue hasta 1995 que no se celebró la primera Conferencia de las Partes (COP).

Una de las más importantes fue la celebrada en 1997 (COP3), cuando se adoptó el Protocolo de Kioto en Japón. Además, estos días se está celebrado en París la XXI COP (desde el 30 de noviembre hasta el 11 de diciembre de 2015) con el objetivo de concluir un acuerdo mundial para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Las anteriores razones han motivado este ensayo donde se pretende dar una idea clara sobre la relevancia del cambio climático y su relación con el sistema energético de nuestro país. Su principal objetivo consiste en predecir la evolución en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, siempre en función del mix energético futuro. Para ello, en los siguientes apartados se va a analizar el sistema energético español actual y se profundizará sobre la importancia de perseguir su sostenibilidad. Por último, se han planteado también una serie de escenarios con diferentes evoluciones del sistema energético español hasta el año 2050. Lo que se pretende con este análisis final es evidenciar que continuar por esta senda tiene consecuencias devastadoras, pero también se pretende reflejar los beneficios de apoyar las energías renovables como fuente principal de energía.

## 2. SITUACIÓN DE ESPAÑA: MODELO ENERGÉTICO ACTUAL

En este apartado se va a realizar una disección del sistema energético de España. A través de los consumos de energía primaria y final se asentarán las necesidades energéticas del país y se contemplará que parte de las mismas se cubren con energía nacional.

### 2.1. CONSUMO Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA Y FINAL

Con el fin de obtener una imagen detallada de nuestro mix energético actual, a continuación se van a analizar dos conceptos esenciales:

- Por un lado se estudiará la composición de la energía primaria en España, o lo que es lo mismo, la energía disponible antes de ser convertida o transformada.
- Por otro lado se seguirá el mismo procedimiento con la energía final, es decir, la realmente consumida en los hogares y empresas, así como los vehículos para el transporte de personas y mercancías.

El consumo de energía primaria en España en 2014 fue de 118.413 Kilotoneladas equivalentes de petróleo (en adelante Ktep) con un descenso del 2,2% sobre el de 2013, siguiendo la tendencia del año anterior, como se refleja en el Cuadro 1.

**CUADRO 1. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA. (KTEP)**

	2013	2014	Tasa de Variación %
Carbón	10.531	11.975	13,7%
Petróleo	52.934	50.740	-4,1%
Gas Natural	26.077	23.664	-9,3%
Nuclear	14.785	14.933	1,0%
Energías Renovables	17.212	17.275	0,4%
Residuos no Renovables	160	119	-25,6%
Saldo Eléctrico (Imp-Exp)	-579	-293	-49,4%
<b>CONSUMO E. PRIMARIA</b>	<b>121.120</b>	<b>118.413</b>	<b>-2,2%</b>

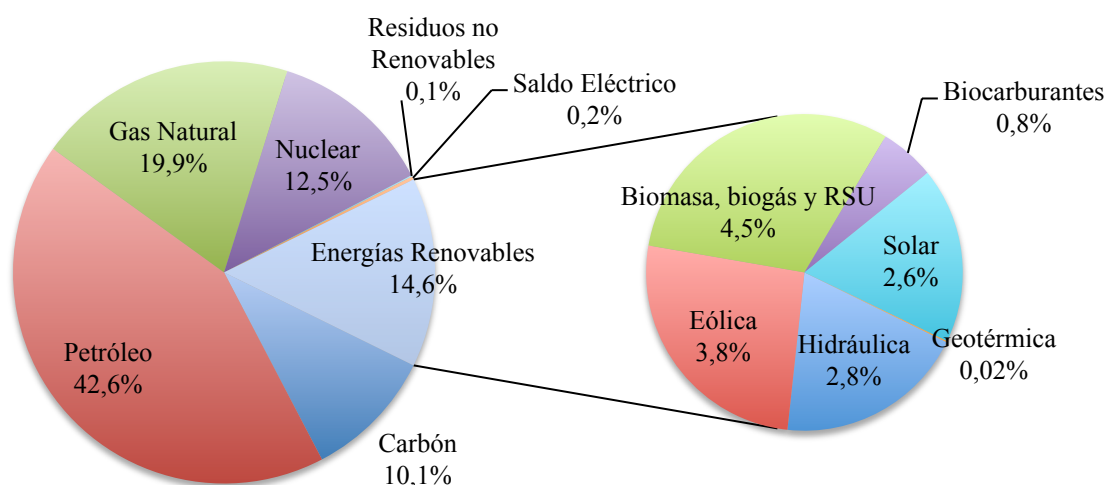
Fuente: Elaboración propia con datos de IDAE (Junio 2015).

La participación de cada fuente de energía destinada al consumo de energía primaria se muestra así mismo en el Cuadro 1. Cabe destacar:

- La fuente que más ha incrementado su consumo este último año es el carbón, con una tasa del 13,7%, produciendo un cambio de tendencia sobre el 2012.
- La demanda de gas natural fue de 23.664 Ktep con un descenso del 9,3% respecto a 2013. Este descenso se debe al menor consumo en generación eléctrica de su demanda.
- La aportación de las energías renovables ha registrado un escaso crecimiento del 0,4% continuando la tendencia de los años anteriores. A pesar del aumento del biogás y de una mayor estabilidad en los biocarburantes, el reducido incremento se debe al menor crecimiento de la energía hidráulica y a una disminución de la eólica.

Para plasmar esta composición de manera más visual se ha elaborado el Gráfico 1, donde se observa la participación de cada fuente de energía. El él vuelve a quedar reflejada la gran dependencia del país con el petróleo, alcanzando casi el 43% del consumo total. Pero también se pueden comparar las demás fuentes de energía, donde destaca favorablemente el consumo de las renovables con un porcentaje mayor que la energía nuclear y del carbón.

**GRÁFICO 1. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN 2014**



Fuente: Elaboración propia con datos de IDAE (2015)

En el mismo Gráfico 1, observando ahora la parte derecha, se muestra la participación de las distintas fuentes renovables dentro del 14,6% de la energía consumida total. En este caso destaca la biomasa como fuente principal, pero también es importante la participación de la energía eólica. Y ya en menor medida pero con una influencia considerable, se encuentran la energía hidráulica y la solar.

A pesar de estos buenos datos en lo que a energías renovables se refiere, lo cierto es que debido a las políticas llevadas a cabo estos últimos años el sector se ha estancado, cuando no ha entrado en retroceso. Esta situación se ha agravado hasta el punto de perder el liderazgo alcanzado en 2007 como uno de los mejores países para invertir en energías renovables. Actualmente contemplamos con impotencia como España será uno de los países que incumpla sus propios objetivos de porcentaje de renovables en el año 2020 (fijado en un 20% por el Consejo de la Unión Europea). Un ejemplo de estas políticas es la Reforma Energética de 2013 que dejó sin salida a todo el sector de energía renovable en España, pero en especial a la energía solar fotovoltaica, al eliminar el sistema de primas a estas energías y sustituyéndolo por una retribución del 7,5%.

En cuanto a la generación eléctrica de energía primaria mediante energías renovables, el panorama parece más positivo. Según el informe “El Sistema Eléctrico Español en 2014” publicado por la Red Eléctrica de España el 09/07/2015, las renovables aportaron en 2014 el 42,8% de la producción eléctrica total.

El consumo de energía final en España durante 2014 fue de 83.525 (Ktep), un 2,2% inferior al de 2013, como se observa en el Cuadro 2. Según el IDAE (2015), esta evolución se ha debido a la situación económica (las tasas de crecimiento potencial continúan a la baja), dado que las condiciones climáticas y de laboralidad han sido similares durante los dos años.

**CUADRO 2. CONSUMO DE ENERGÍA FINAL (KTEP)**

	2013	2014	Tasa de variación %
Carbón	1.633	1.546	-5,3%
Productos Petrolíferos	43.419	42.413	-2,3%
Gas Natural	15.104	14.695	-2,7%
Electricidad	19.952	19.576	-1,9%
Energías Renovables	5.329	5.294	-0,7%
<b>CONSUMO E. FINAL</b>	<b>85.437</b>	<b>83.525</b>	<b>-2,2%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de IDAE (2015).

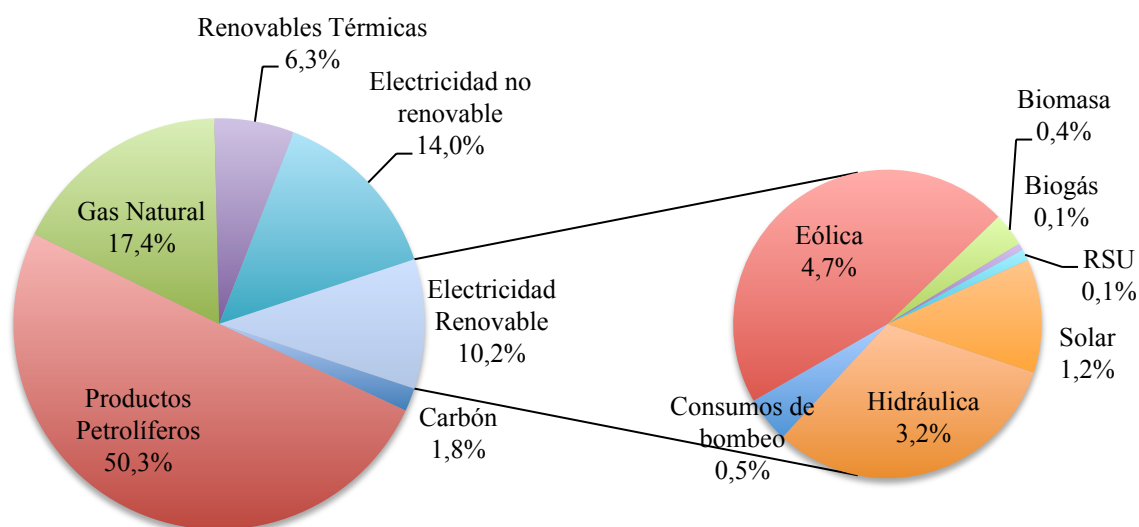
A través del mismo Cuadro 2 se contempla la variación anual de las fuentes de energía final. En esta ocasión se puede destacar:

- La demanda final de energía eléctrica ha bajado un 1,9% en 2014 respecto al año anterior, donde ha sido determinante la menor actividad económica. Pero aunque continúe esta tendencia bajista, se observa una reducción con respecto a la tasa de descenso registrada durante 2013.
- En relación con los combustibles, hay que subrayar el cambio de tendencia del gas, disminuyendo su consumo un 2,7%, y la del carbón, que lo hizo en un 5,3%.
- El consumo de productos petrolíferos (gasóleo, fueloil, gasolina y otros) continúa bajando, un 2,3% durante el año.
- El consumo de energías renovables finales ha bajado debido al descenso en biocarburantes.
- Señalar también que las energías renovables térmicas incluyen: biomasa y biogás, biocarburantes, solar térmica y geotérmica.

El análisis de la composición de la demanda de energía final por fuentes se detalla en el Gráfico 2, donde se muestra que el mayor consumo proviene de productos petrolíferos con un 50,3%. Por otro lado, las energías renovables térmicas en 2014 han supuesto una cobertura del 6,3%, muy similar a la del año anterior. La biomasa sigue siendo el recurso renovable de uso final más representativo, alcanzando el 76,5% de la aportación a este grupo.

Pero si se contempla el apartado de la electricidad renovable, es decir, la estructura de la derecha del Gráfico 2, destaca que prácticamente la mitad de las aportaciones provienen de la energía eólica, seguido de la hidráulica y la solar.

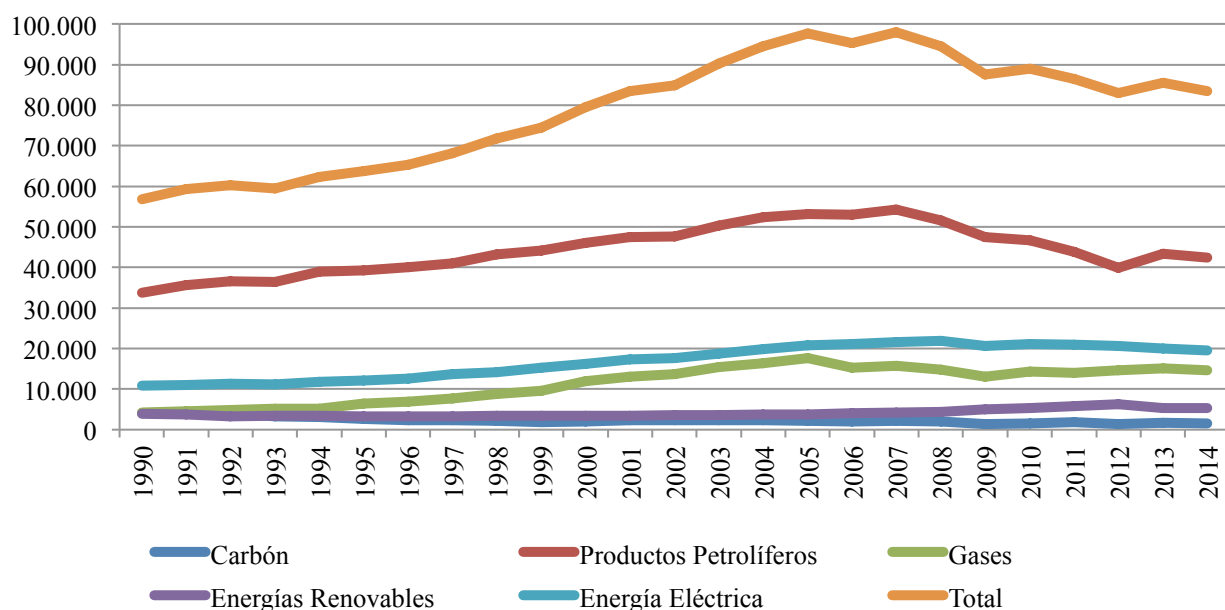
**GRÁFICO 2. CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN 2014**



Fuente: Elaboración propia con datos de IDAE (2015)

Para finalizar con el análisis del Sistema Energético Español, se ha elaborado el Gráfico 3 donde se muestra, de forma resumida, la evolución de la energía final desde 1990 por fuentes de energía y el total consumido. Queda reflejado también el cambio de tendencia sufrido a partir de 2007 debido a la recesión económica, a partir del cual el consumo total de energía disminuye hasta la actualidad. Los productos petrolíferos siempre han estado en primera línea, seguidos de la energía eléctrica y los gases. Las energías renovables están ligeramente por encima del carbón desde 2007, pero se observa una pequeña disminución de las primeras durante 2012.

**GRÁFICO 3. EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL (KTEP)**



Fuente: Elaboración propia con datos de IDAE (2015)

Una vez conocidos los consumos, es decir, la demanda de energía española, se analiza la procedencia de dicho recurso. El Cuadro 3 recoge que la producción interior de energía primaria en 2014 fue de 33.623 KTEP, un 2,3% inferior a la del año anterior. Esto se debe a la disminución en carbón, petróleo, gas natural y biomasa, que fueron superiores a los aumentos de nuclear, hidráulica y solar.

**CUADRO 3. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA (KTEP)**

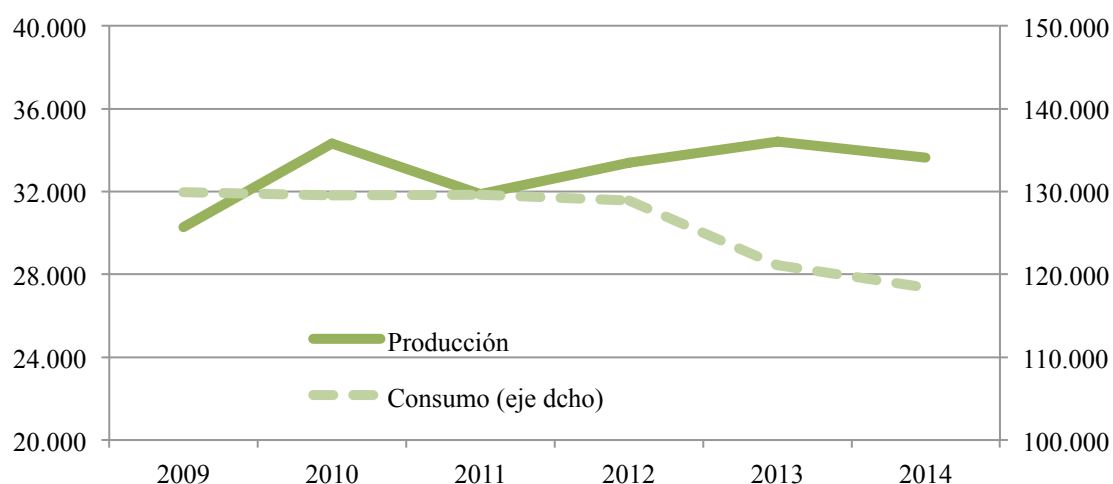
Año	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Nuclear	Hidráulica	Eol. y solar	Biom. y res.	Total	% Variación
2009	3.810	107	12	13.750	2.271	4.002	6.325	30.278	-
2010	3.296	125	45	16.155	3.638	4.858	6.209	34.326	13,37
2011	2.648	102	45	15.042	2.631	5.061	6.354	31.883	-7,12
2012	2.460	145	52	16.019	1.767	6.679	6.270	33.392	4,73
2013	1.762	375	50	14.784	3.163	7.331	6.956	34.422	3,08
2014	1.577	311	21	14.933	3.361	7.617	5.804	33.623	-2,32

Fuente: Elaboración propia con datos de MINETUR (2015)

La producción de carbón, expresada en miles de toneladas equivalente de petróleo, continúa con su tendencia bajista llegando a disminuir más de un 10% durante este año. Por su parte, la producción de petróleo y gas se mantiene en niveles muy bajos. La de energía nuclear ha experimentado una subida del 1%, aunque hay que destacar el cambio de tendencia que se produjo en 2013. La producción de energía hidroeléctrica y solar sigue aumentando, en un 6% y casi un 4% respectivamente. Sin embargo, la producción de biomasa y del resto de energías renovables ha disminuido hasta un 19%.

El Gráfico 4 refleja la evolución del consumo y de la producción interior de energía primaria. Se observa desde 2011 un aumento de nuestra producción bastante continuado, debido mayormente a la penetración progresiva de las energías renovables, en concreto al aumento de la energía eólica y solar reflejado en el Cuadro 3. Por otro lado el consumo empieza a disminuir considerablemente, en parte ocasionado por la situación económica de crisis. Haciendo mención a los ejes, es importante darse cuenta de que el valor del consumo está muy por encima de la producción, reflejando un alto grado de insuficiencia de autoabastecimiento. La línea continua que ilustra la evolución de la producción, está representada mediante el eje izquierdo. Sin embargo, la línea discontinua que representa al consumo se basa en el eje derecho.

**GRÁFICO 4. PRODUCCIÓN Y CONSUMO EN ESPAÑA 2014 (KTEP)**



Fuente: Elaboración propia con datos de MINETUR (2015)

En cuanto al autoabastecimiento, en el Cuadro 4 observamos una mejora sostenible durante los últimos años, del 23,3% en 2009 a 28,3% en 2014. Esto implica que con los años aumenta la producción de energía primaria nacional y, por tanto, disminuye nuestra necesidad de importación.

#### CUADRO 4. GRADO DE AUTOABASTECIMIENTO DE ENERGÍA PRIMARIA

Año	Grado de autoabastecimiento (%)
2009	23,3
2010	26,5
2011	24,6
2012	25,9
2013	28,4
2014	28,3

Fuente: Elaboración propia con datos de MINETUR (2015)

Pero aún teniendo en cuenta que este indicador obtiene mejores cifras año tras año, estar situados en un 28,3% es un problema para el país. En otras palabras, la dependencia energética de España se sitúa en el 71,7%, muy por encima de la media de la Unión Europea (53,4%), según los últimos datos publicados por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en el Balance Energético 2014. Esto supone que en España solamente el 28,3% de la energía consumida corresponde a producción autóctona, con las consecuencias que de ello derivan.

Es evidente que España sigue siendo uno de los países con mayor dependencia energética de Europa (según el ranking del 11 de Febrero de este mismo año realizado por el Instituto de Estudios Económicos sobre la dependencia energética en los países Europeos se encuentra en novena posición), pero también es cierto que la situación ha mejorado en los últimos años. Entre los muchos factores que se encuentran detrás de esta mejora, es destacable el efecto de las tecnologías de generación eléctrica basadas en las energías renovables y en el gas natural, así como el impacto de las políticas de eficiencia energética.

Para satisfacer nuestras necesidades, España debe importar gas, petróleo, carbón y uranio. Con un porcentaje tan alto de necesidad de importación de energía, es necesaria una seguridad en su suministro. Los riesgos derivados de esta situación de dependencia

están en cierto modo controlados debido a la diversificación de los países proveedores. Además, el país está integrado en el sistema de respuesta desarrollado por la OCDE frente a posibles interrupciones de suministro de emergencia. Aún así, es evidente que esta elevada dependencia supone un importante lastre para nuestra economía.

Con el fin de mitigar esta situación, se debe fomentar el desarrollo de fuentes de generación autóctonas, fundamentalmente de las renovables maduras y competitivas. En este ámbito es relevante destacar el incremento de la penetración de éstas en el mix eléctrico, ya que es una de las razones que explican la disminución de la dependencia energética desde 2009 (junto a la caída de la demanda).

En cuanto al coste energético que suponen estas importaciones, la bajada del precio del barril de petróleo supuso para España un alivio en su factura energética de 2014 ya que supuso una disminución del déficit energético de 2.926 millones. Además dicho ahorro se produjo a pesar de que las importaciones de petróleo y gas se incrementaron en un 4%, siendo los productos más importados por el país. Un segundo factor que contribuyó a la bajada del déficit energético fue el incremento de las exportaciones españolas de carburantes refinados y de Gas Natural Licuado en un 7%.

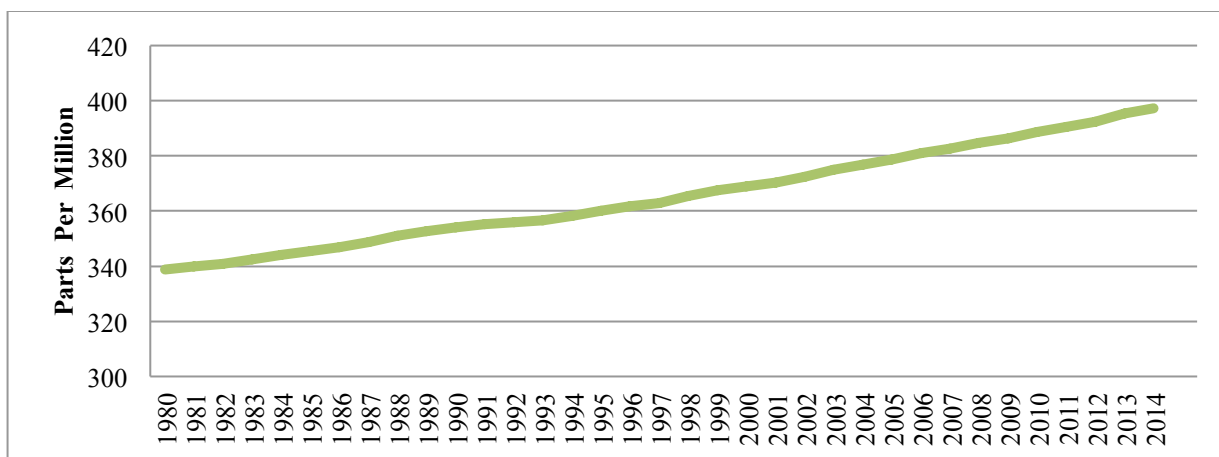
## **2.2. SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA Y MEDIO AMBIENTAL**

De la definición genérica de desarrollo sostenible obtenida del Informe Brundtland de 1987, se puede deducir que la sustentabilidad medioambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Además, las consecuencias de modelos de desarrollo que no han tomado en cuenta al medio ambiente, se manifiestan en problemas de orden mundial como el cambio climático. En definitiva, hay que reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e incluso llegar a eliminarlas.

Según el artículo 1.2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas, por Cambio Climático debe entenderse la variación del clima atribuida, directa o indirectamente, a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.

La función de la atmósfera es mantener algunos de los rayos de sol dentro del planeta para conservar una temperatura de 15°C. En una proporción adecuada los gases efecto invernadero cumplen con su función, pero al aumentar su concentración más rayos de sol se mantienen dentro de la atmósfera y asciende la temperatura global del planeta, siendo el principal responsable del Cambio Climático. Uno de los gases efecto invernadero más importante es el dióxido de carbono, por eso es interesante realizar un análisis de su evolución desde 1980 hasta la actualidad como se recoge en el Gráfico 5 donde se observa una tendencia ascendente. Además, según la Agencia Internacional de Energía, este panorama no va a ser distinto en el largo plazo ya que se prevé un aumento de los niveles de CO<sub>2</sub> del 130% en 2050.

**GRÁFICO 5. PROMEDIO ANUAL GLOBAL CO<sub>2</sub>**



Fuente: Elaboración propia con datos de NOAA (2015)

El CO<sub>2</sub> se expresa como una fracción molar del aire seco, abreviada en PPM<sup>3</sup>. De esta forma, se puede observar como los niveles de este gas en la atmósfera han ido aumentando progresivamente a lo largo de los años y a una tasa de crecimiento cada vez mayor.

Pero hay que tener en cuenta que hoy en día, casi todas las actividades que se realizan y bienes que se poseen y se utilizan implican consumir energía, lo que significa contribuir con las emisiones a la atmósfera. Es decir, está en poder de todos disminuirlas. El verdadero problema radica en que toda la humanidad conoce qué es el cambio climático, pero los desastres que pueden derivar de él son un interrogante. Por un lado se sostiene que el aumento de las temperaturas provocará un mayor número de olas de calor, por lo que habrá más muertes atribuidas a ello, ¿pero habrá menos olas de frío y menos muertes asociadas a las bajas temperaturas?; Por otro lado se baraja también la aparición de mayores desastres meteorológicos como inundaciones, sequías y tormentas; Y no hay que olvidar el evidente deshielo de los Polos, entre otras consecuencias.

---

<sup>3</sup> Los datos se reflejan como una fracción molar de aire seco definida como el número de moléculas de dióxido de carbono, dividido por el número de las moléculas en el aire. La fracción molar se expresa en partes por millón (ppm). Ejemplo: 0.000400 se expresa como 400 ppm.

Posiblemente se está llegando a un punto en el que hagamos lo que hagamos el cambio climático será incontrolable. Así que para evitarlo debemos cesar las combustiones fósiles que no pueden quemarse de forma segura cuanto antes, con todo lo que esto conlleva. Concretamente con este fin nació el protocolo de Kyoto de 1997 (ratificado para el periodo 2013 – 2020), para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero más relevantes que causan el calentamiento global, como por ejemplo el CO<sub>2</sub>. Siguiendo con esta idea, en 2009 el Consejo de la Unión Europea el 6 de abril de 2009 aprobó un paquete de medidas legislativas sobre energía y cambio climático. En él se fijó como objetivo para el año 2020 reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del conjunto de la Unión Europea en un 20% con respecto a los niveles de 1990.

Es decir, cada euro gastado en las energías renovables es una inversión en la seguridad del suministro y la seguridad en el empleo, no sólo es bueno para el medio ambiente. Pero además, impulsar una mentalidad ahorradora y buscar la eficiencia energética es fundamental. Por este motivo se ha desarrollado la Directiva 2012/27/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo, del 25 de octubre de 2012. Ésta hace referencia a la eficiencia energética, con el objetivo de conseguir un ahorro en términos de energía primaria del 20% en el año 2020 para el conjunto de la Unión Europea.

Otra solución que se ha implantado para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero se apoya en el control. El Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS) es el primer y mayor plan internacional para el comercio de derecho de emisión de gases de efecto invernadero, cubriendo más de 12.000 instalaciones en 30 países. Concretamente, el EUETS es un instrumento de mercado mediante el que se crea un incentivo o desincentivo económico para conseguir que un conjunto de plantas industriales reduzcan colectivamente sus emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Las instalaciones que pueden estar afectadas en España son, por ejemplo, las instalaciones de combustión para actividades energéticas con una potencia térmica nominal superior a 20MW, refinerías, coquerías, instalaciones de calcinación de minerales metálicos incluido el mineral sulfurado, instalaciones para la producción de arrabio o de acero, instalaciones de fabricación de vidrio con una capacidad de fusión superior a 20 toneladas por día, instalaciones industriales destinadas a la fabricación de pasta de papel a partir de madera, entre otras.

En el ejercicio 2013 comenzó el tercer periodo del comercio de emisiones de gases de efecto invernadero, que abarcará hasta 2020. En el caso de España, frente a la asignación gratuita de 147 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> que se repartieron las cerca de 1.000 instalaciones sujetas en 2010, solo se adjudicaron directamente 76,69 millones. El resto fueron subastados para las empresas que superaron el límite de CO<sub>2</sub> adjudicado y, sobre todo, para las eléctricas, excluidas de la asignación gratuita.

En resumen, este epígrafe ya empieza a mostrar signos de la carencia de sostenibilidad del modelo energético actual. Si bien es cierto que los avances tecnológicos y la eficiencia son motivos para el optimismo, también son esenciales esfuerzos políticos constantes para cambiar a mejor las tendencias energéticas.

### **3. IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DEL MODELO ENERGÉTICO ACTUAL Y POSIBLES ESCENARIOS FUTUROS**

Una vez analizada la evolución del mix energético y su composición actual, se va a observar su sostenibilidad en el futuro. Para ello se van a desarrollar tres escenarios con distintas evoluciones posibles del consumo de energía final. Este estudio abarcará hasta el año 2050 y se obtendrá la equivalencia de dichos consumos en emisiones de gases de efecto invernadero para ver las consecuencias.

Lo que se pretende concretamente es plasmar las repercusiones en la atmósfera en función de la evolución del sistema energético español: El primer escenario va a consistir en averiguar que ocurriría si seguimos manteniendo la misma proporción de la energía que en 2014; En el segundo se aplicará un aumento de las energías renovables siguiendo con las predicciones más o menos realistas que se sostienen en la actualidad; Por último, se analizará qué puede llegar a ocurrir en un escenario más optimista en cuanto a energía renovable. De este modo también se podrán contemplar las reducciones de las emisiones que pueden esperarse y su evidente repercusión económica.

#### **3.1. DATOS E HIPÓTESIS DEL TRABAJO**

El método empleado para obtener las emisiones de los gases efecto invernadero (GEI) consiste en aplicar unos factores de emisiones a las distintas fuentes de energía final. Una vez obtenidas, se podrá calcular cuantas de dichas emisiones corresponden a una unidad de PIB y con ello se extrapolará al panorama futuro.

Las principales fuentes de datos que se han consultado para llevar a cabo este estudio son el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía y la Oficina Catalana del Cambio Climático para los factores de emisión de GEI.

Las hipótesis generales para los tres escenarios son las siguientes:

- Cuando hablamos se mencionan los gases de efecto invernadero (GEI) se refiere a CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq), que incluye los seis gases de efecto invernadero recogidos en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarburos (HFC), Perfluorocarburos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> se han calculado a partir del consumo de energía final al ser la realmente consumida en los hogares y empresas, así como los vehículos para el transporte de personas y mercancías.
- Se prevé que la demanda de energía final va a crecer un 37% hasta 2050, como se menciona en el World Energy Outlook 2014. Es decir, se calculará un incremento del 37% de la energía del 2014 para las proyecciones de 2050.
- Se estima que el PIB crecerá una media del 1,6% anual hasta 2020 y un 2,1% en el segundo periodo 2021 - 2050. Se tomarán estos datos ya que es la cifra que recoge el informe PWC (2013).

### **3.2. CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI PARA LOS ESCENARIOS CONTEMPLADOS**

En este epígrafe se van a cuantificar las hipótesis y los escenarios mencionados para conseguir la visión futura mencionada a lo largo del estudio.

#### **3.2.1. Proyecciones del mix energético y de los consumos**

A la hora de hacer una proyección es importante barajar varios escenarios en función de unos comportamientos posibles. Por esta razón se han contemplado tres posibles evoluciones en cuanto a energías renovables se refiere:

- Escenario 1: Se van a mantener las proporciones del mix energético. De esta manera se observará qué ocurre en el año 2050 si convivimos con un sistema energético como el actual.
- Escenario 2: En este panorama se va a considerar que las energías renovables finales aumenten hasta el 20% en 2050.

- Escenario 3: En este último caso se va a interpretar una visión más optimista. Consiste en que el 50% de la energía final consumida provenga de fuentes renovables para el año 2050.

Como se puede observar, no se está desarrollando un escenario pesimista ya que se descarta totalmente la opción de que se consuma menos proporción de renovables en el largo plazo de las que se consumen actualmente.

En el Cuadro 5 se plasma la estructura que va a tener el sistema energético español en cada uno de los escenarios:

- Como se observa, en el escenario 1 se mantienen los mismos porcentajes durante todo el periodo.
- Sin embargo, en el escenario 2 se supone el aumento de participación de las renovables hasta el 20%. Las demás variaciones del segundo panorama se han realizado suponiendo que los productos petrolíferos continuarán siendo la principal fuente de energía, como se menciona en el WEO 2014. Por ello se sigue manteniendo la predominación de los productos petrolíferos y el resto de energías disminuyen su porcentaje ligeramente.
- Y, en el escenario 3, las energías renovables adquieren la posición de liderazgo y se consumen en un 50%, dejando a los productos petrolíferos entre las menores participaciones. Esta sustitución de los recursos se fundamenta dando por sentada una modernización energética importante, ya que en la actualidad existen barreras tecnológicas que impiden las altas producciones de energía renovable, como por ejemplo la imposibilidad de su almacenamiento.

**CUADRO 5. COMPOSICIÓN DEL MIX ENERGÉTICO EN EL 2050**

	<b>ESCENARIO 1</b>		<b>ESCENARIO 2</b>		<b>ESCENARIO 3</b>	
	<b>2014</b>	<b>2050</b>	<b>2014</b>	<b>2050</b>	<b>2014</b>	<b>2050</b>
<b>Carbón</b>	1,85%	1,85%	1,85%	1,50%	1,85%	1,00%
<b>Productos Petrolíferos</b>	50,78%	50,78%	50,78%	45,00%	50,78%	15,00%
<b>Gas natural</b>	17,59%	17,59%	17,59%	15,50%	17,59%	16,00%
<b>Electricidad</b>	23,44%	23,44%	23,44%	18,00%	23,44%	18,00%
<b>Energías Renovables</b>	6,34%	6,34%	6,34%	20,00%	6,34%	50,00%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, el Cuadro 6 muestra la evolución del total de energía final consumida hasta el año 2050 en Kilotonelatas equivalentes de petróleo. Estos consumos de energía se basan en los datos del 2014 ofrecidos por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, coincidiendo con los utilizados en el apartado 2 de este mismo informe al analizarse el sistema energético actual. Como se ha mencionado en las hipótesis, se ha tenido en cuenta que 2050 la energía final consumida habrá aumentado en un 37% respecto al año 2014. Para los años intermedios se ha interpretado un crecimiento sostenido.

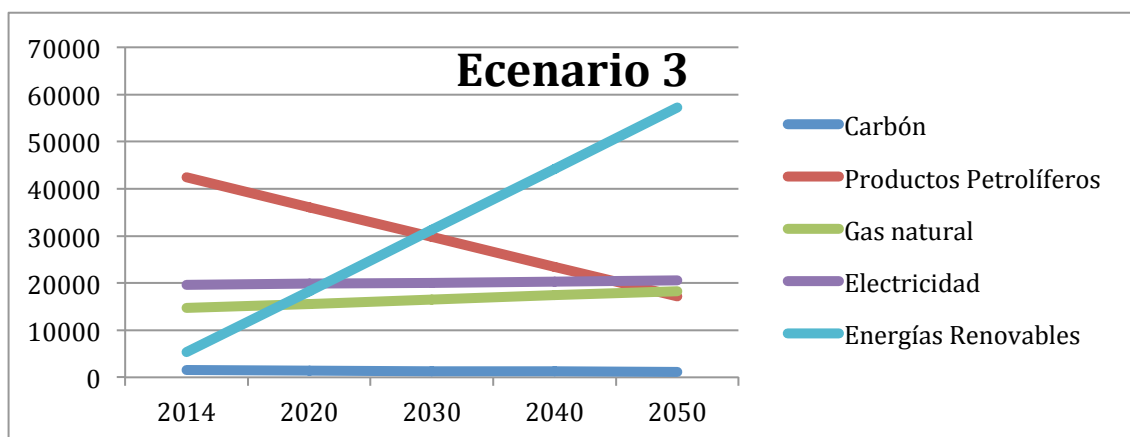
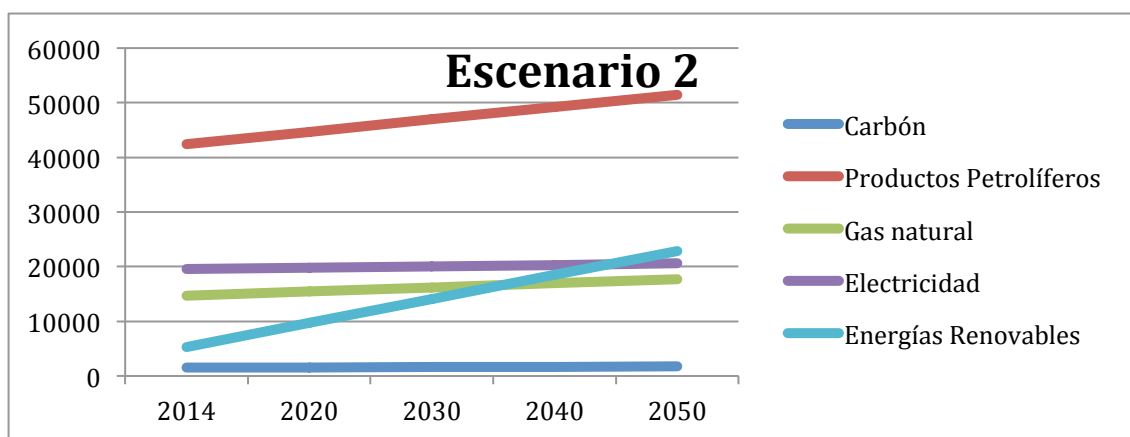
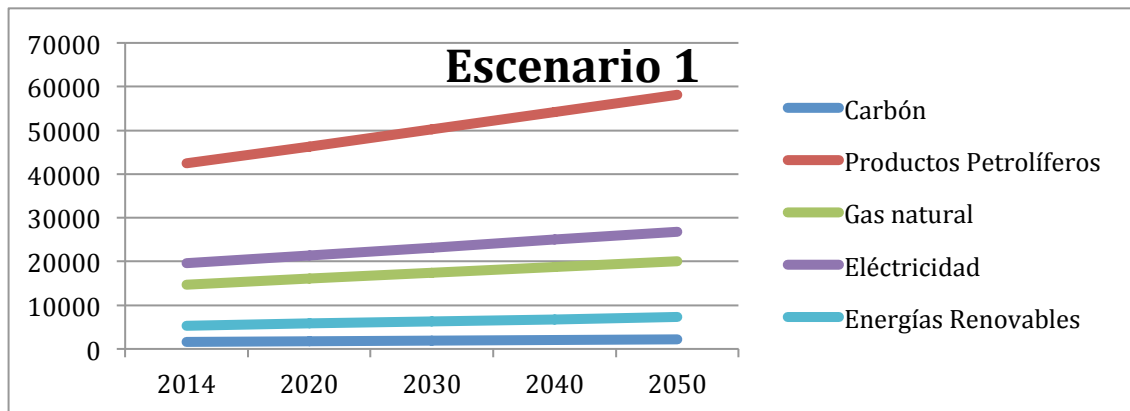
#### **CUADRO 6. EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA FINAL CONSUMIDA HASTA 2050**

<b>CONSUMOS (KTEP)</b>	<b>2014</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>
Total	83.525,04	91.251,10	98.977,17	106.703,23	114.429,30

Fuente: Elaboración propia

Para conseguir una visión gráfica de las tres situaciones construidas, se ha realizado gráfico 6. En estas ilustraciones se muestra la evolución de las energías renovables en cada supuesto, siendo el tercero de ellos el construido con energía más limpia. También destaca el fuerte cambio de tendencia de los productos petrolíferos, y aunque sea en menor medida, de los combustibles fósiles también. Por el lado del gas natural y de la electricidad, se ha considerado que seguiran aumentando en los tres casos ya que las estimaciones actuales así lo preveen.

**GRÁFICO 6. EVOLUCIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO (KTEP)**



Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. Emisiones de CO<sub>2</sub>

Estudiados los panoramas que se van a contemplar, a continuación se van a calcular las toneladas de GEI que se emiten como consecuencia. Como responsables del aumento de temperatura que se está produciendo en el planeta, son los causantes del calentamiento global y por ello, su cálculo se ha convertido en el objetivo del estudio.

La metodología que se ha seguido para hallar las emisiones se basa en las aclaraciones de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. El organismo señala que las emisiones del sector energético se componen principalmente por emisiones derivadas de la combustión. Por otro lado, las emisiones fugitivas por la explotación, transformación y distribución de energía comprenden las emisiones restantes del sector energético. Estas emisiones incluyen las fugas de gas natural, la liberación de metano en la extracción de carbón, la quema de gas durante la explotación y refinación de gas y petróleo, entre otras. El transporte y distribución de energéticos contribuye también a la generación de emisiones fugitivas en el sector energético. Pero en este nuestro caso solamente se van a tener en cuenta las primeras debido a que es más fiable su cálculo.

Como menciona la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE 2009), las emisiones de GEI por la combustión de energéticos se calculan multiplicando el consumo de combustible por el factor de emisión correspondiente para cada combustible. En general, las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión dependen del contenido de carbono del combustible considerado, y son independientes de la tecnología de combustión empleada. Por ello se emplean factores de emisión estándar cuando no existe información detallada de las tecnologías específicas utilizadas en el proceso de combustión y su estado de mantenimiento. Se va a aplicar la siguiente fórmula:

$$E_{g,f}^e = C_f * FE_{g,f}$$

Donde:

$E_{g,f}^e$  = emisiones de gas de efecto invernadero “g” por la combustión del energético “f”.

$C_f$  = consumo del energético “f”.

$FE_{g,f}$ = factor de emisión estándar de gas “g” en la combustión del energético “f”.

El cálculo de las emisiones de GEI totales por combustión de energéticos es, como se muestra a continuación, la suma de emisiones generadas por la combustión de todos los energéticos:

$$E_g^c = \sum_{f=1}^F E_{g,f}^c$$

Donde:

$E_g^c$ = emisiones totales del gas “g”.

$E_{g,f}^c$ = emisiones del gas “g” por la combustión del energético “f”.

Los factores de emisión que se han utilizado para las conversiones pertinentes están recogidos en el Cuadro 7. Bajo la imposibilidad de hallar las mismas equivalencias, hay que prestar especial atención a las unidades de medida de cada fuente de energía. Concretamente, la electricidad y el gas natural se miden en unidades de energía para poder ser convertidas en CO<sub>2</sub>, las demás vienen expresadas en unidades básicas de masa.

#### CUADRO 7. FACTORES DE EMISIÓN DE CO<sub>2</sub>

Electricidad	KT CO <sub>2</sub> / GWh	0,305
Carbón Nacional	Kg CO <sub>2</sub> / Kg	2,3
Carbón importación	Kg CO <sub>2</sub> / Kg	2,53
Gas Natural	Kg CO <sub>2</sub> / KWh	0,252
Productos petrolíferos	Kg CO <sub>2</sub> / Kg	3,06

Fuente: Elaboración propia con datos de OCCC, IDAE y MINETUR

Con toda esta información recogida, ya se pueden calcular las toneladas de CO<sub>2</sub> que se están emitiendo actualmente a la atmósfera. El único procedimiento en este caso es pasar las Ktep consumidas de cada fuente de energía a la medida correspondiente de su factor de conversión, los recogidos en el Cuadro 7. De esta forma se obtienen las emisiones de GEI del cuadro 8:

**CUADRO 8. EMISIONES DE CO2 EN 2014**

<b>2014</b>	<b>KTEP</b>	<b>Tn CO2</b>
Carbón	1.546	9.445.925,88
Productos Petrolíferos	42.413	127.364.835,43
Gas natural	14.695	43.067.578,69
Electricidad	19.576	69.428.675,00
Energías Renovables	5.294	0,00
<b>Total</b>	<b>83.525</b>	<b>249.307.015,01</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de OCCC, IDAE y MINETUR

Como caso excepcional, al carbón le corresponde un factor de conversión distinto en función de si es importado o el nacional. Por esta razón se ha aplicado el porcentaje de autoabastecimiento del cuadro 4 (28,3% de producción nacional), al consumo total de carbón. De esta manera podemos distinguir entre ambas emisiones.

### **3.2.3. Relación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el PIB**

El indicador más relevante a la hora de comprobar la sostenibilidad del sistema energético español es el porcentaje de las emisiones sobre el PIB. En este caso se han aplicado las estimaciones del PWC (2015) de que el PIB va a crecer en un 1,6% hasta el año 2020 y posteriormente un 2,1%. Bajo esta predicción se observa el Cuadro 7 con el PIB esperado hasta el año 2050.

**CUADRO 9. PIB EN ESPAÑA 2014 - 2050**

	<b>PIB (miles €)</b>
2014	1.041.160,00
2020	1.145.195,74
2030	1.482.364,79
2040	1.824.788,40
2050	2.246.311,25

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de estas proyecciones hemos aplicado la fórmula:

$$PIB_t = PIB_1 * (1 + r)^{t-1}$$

$$\text{PIB}_{2020} = \text{PIB}_{2013} * (1+1.6\%)^6 \rightarrow \text{PIB}_{2020} = 1.145.195,74 \text{ Mill. €}$$

$$\text{PIB}_{2030} = \text{PIB}_{2013} * (1+2.1\%)^{16} \rightarrow \text{PIB}_{2030} = 1.482.364,79 \text{ Mill. €}$$

$$\text{PIB}_{2040} = \text{PIB}_{2013} * (1+2.1\%)^{26} \rightarrow \text{PIB}_{2040} = 1.824.788,40 \text{ Mill. €}$$

$$\text{PIB}_{2050} = \text{PIB}_{2013} * (1+2.1\%)^{36} \rightarrow \text{PIB}_{2050} = 2.246.311,25 \text{ Mill. €}$$

Finalmente, con la evolución del consumo total de energía final y del PIB, más los tres escenarios propuestos, se han obtenido las emisiones totales de los tres escenarios para cada año significativo. Es decir:

- Se han calculado las Ktep de cada fuente de energía para todos los años estudiados en función de los porcentajes mostrados en el Cuadro 5 de la página 24 y aplicando el crecimiento del total de la energía final consumida reflejado en el Cuadro 6 de la página 25.
- A continuación se han transformado las Ktep en emisiones de GEI, también incluyendo todas las fuentes y durante todo el periodo.
- Por último se han reflejado los resultados en función del PIB para observar cuantas emisiones de GEI se producen por unidad de PIB en cada uno de los tres escenarios.

Los resultados de todos estos cálculos se recogen en el Cuadro 10. De esta manera se aprecia con mayor comodidad las notables diferencias entre escenarios. En el primer caso, se produce un crecimiento sostenido de las emisiones. En el escenario dos también se refleja un aumento de las emisiones durante todo el periodo estudiado, pero es más suave que en el primer supuesto. Por último, con las estimaciones realizadas en el tercer caso, se observa una clara disminución de las emisiones de GEI.

Las tasas de crecimiento totales del mismo Cuadro 10 reflejan la insostenibilidad del sistema energético en los escenarios uno y dos. Del mismo modo, queda constancia también de que sólo en el caso de un aumento considerable de las energías renovables, empezarán a reducirse las emisiones de CO<sub>2</sub>.

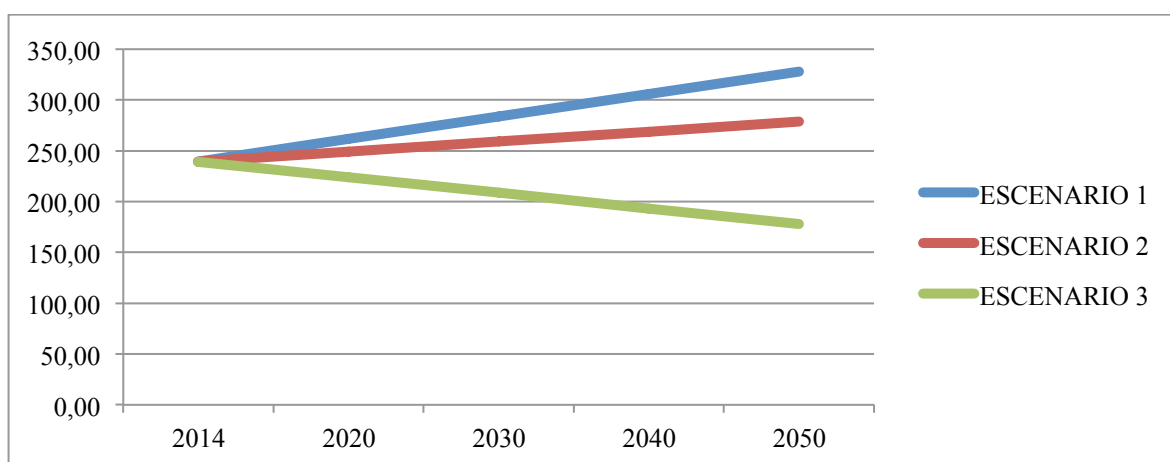
**CUADRO 10. TONELADAS DE CO2 EMITIDAS POR UNA UNIDAD DE PIB**

<b>Tn CO2 / PIB</b>	<b>2014</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>	<b>2050</b>	<b>Tasa de crecimiento</b>
ESCENARIO 1	239,45	261,60	283,75	305,90	328,05	37,00%
ESCENARIO 2	239,45	249,26	259,07	268,87	278,68	16,38%
ESCENARIO 3	239,45	224,07	208,69	193,30	177,92	-25,70%

Fuente: Elaboración propia

Trasladando estos datos obtenidos al Gráfico 7, se contempla la evolución de los tres escenarios a partir de las emisiones calculadas del año 2014. Por este motivo coinciden las emisiones emitidas en el inicio, todos los escenarios parten de la situación actual, pero después cada uno evoluciona con relación a sus parámetros.

**GRÁFICO 7. EVOLUCIÓN DE LAS TN CO2 / PIB**



Fuente: Elaboración propia

Llegados a este punto del análisis, y teniendo en cuenta que se cumplen las premisas planteadas, se observan varias evidencias. Para empezar, el escenario 1 muestra una imagen muy negativa sobre la tendencia que sigue la situación actual. Aunque las medidas de la Unión Europea exijan aumento de las energías renovables, no podemos olvidar que algunos países no llegan a las exigencias previas, un buen ejemplo de ello es España.

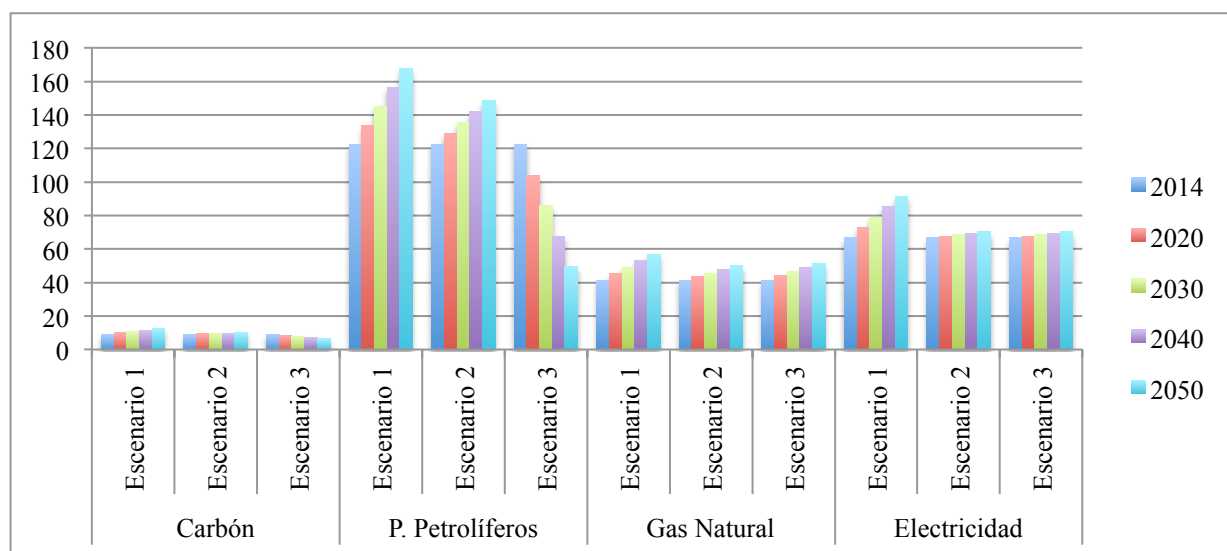
En el segundo caso también queda constancia de que, teniendo siempre como bases las hipótesis mencionadas, las medidas planteadas por el momento no son suficientes para cambiar la tendencia de las emisiones de gases de efecto invernadero. Si es cierto que la tasa de crecimiento es menor, pero la tendencia sigue siendo similar.

Por último, queda reflejado la importancia de invertir en energías renovables. No hay que olvidar que en este escenario se contemplan en un 50%, nada imposible en el largo plazo.

En el Gráfico 8 , finalmente se contemplan las cuatro fuentes de energía que producen emisiones de GEI en las tres situaciones propuestas. En este caso no se ilustran las energías renovables ya que su valor es cero en los tres escenarios mencionados.

En este caso claramente destaca la elevada contaminación de los productos petrolíferos, así como la desaceleración de la tasa de crecimiento de las emisiones entre los escenarios de la electricidad.

**GRÁFICO 8. EMISIONES DE GEI/PIB POR TIPO DE RECURSO Y ESCENARIO**



Fuente: Elaboración propia

En resumen, este estudio es otra clara evidencia de la insostenibilidad de nuestro sistema energético actual. Como se ha observado en el primer escenario, si no se llevan a cabo medidas más estrictas para reducir las emisiones de GEI éstos crecerán a una tasa incontrolable. Es más, si se aplican las medidas que se está proponiendo el Consejo de la Unión Europea, como se refleja en el segundo escenario, las emisiones seguirán aumentando también en el largo plazo. Únicamente con un cambio de estructura del mix energético podemos alcanzar la sostenibilidad y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha pretendido aclarar la relevancia del cambio climático y su relación con el sistema energético de España. El principal objetivo ha consistido en cuantificar la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera hasta el año 2050, en función de un mix energético a largo plazo.

Tras realizar un estudio exhaustivo sobre la composición y evolución del modelo energético actual, se ha contemplado la evidencia de su total insostenibilidad, tanto desde el punto de vista medioambiental como de la seguridad en el suministro e independencia energética. Es quizá por esta razón que ha aumentado la inquietud por la calidad del medio ambiente entre la sociedad. La crisis ecológica se ha convertido en un impulso para la modernización de las sociedades al tener que hacer frente a los problemas medioambientales locales y globales.

Algunos autores como Svante August Arrhenius o John Theodore Houghton, ya proclamaron que los combustibles fósiles podrían dar lugar o acelerar el calentamiento de la tierra. En el último siglo, Europa ha visto aumentada su temperatura media en 1°C, a un ritmo mayor que el resto del planeta; España se ha calentado más aún que la media europea, entre 1,2°C y 1,5°C. Esto se debe básicamente al liderazgo de los productos petrolíferos en el modelo energético Español, alcanzando más del 50% del consumo de energía final, así como la pequeña participación de energías renovables (solamente con un 6,3%). Pero por otro lado también se ha estudiado el grado de autoabastecimiento, con el que se ha podido comprobar que España sigue siendo uno de los países con mayor dependencia energética de Europa. Los riesgos derivados de esta situación de dependencia están en cierto modo controlados debido a la diversificación de los países proveedores. Aún así, es evidente que estas importaciones suponen un coste que podría ser innecesario si se tratara de fuentes de energía autóctonas.

El estudio que se ha realizado para calcular las emisiones de GEI a la atmósfera toma como referencia tres escenarios distintos en cuanto a la composición del mix energético. En cuanto al primero de ellos se mantienen las proporciones de las energías finales en el futuro, en el segundo se considera que las energías renovables finales aumentan hasta el 20% y, por último, se ha calculado un aumento de las energías renovables hasta ocupar el 50% del modelo energético.

A la hora de analizar la evolución de las emisiones en función de si consumimos una energía más limpia o menos, se han planteado unas hipótesis basadas en datos publicados por organizaciones medioambientales y por el Ministerio de Energía y Turismo. De esta forma se ha tenido en cuenta una evolución del 37% sobre el total de la energía utilizada, como se menciona en el World Energy Outlook 2014; una evolución del PIB del 1,6% anual hasta 2020 y un 2,1% en el segundo periodo 2021-2050, como prevé el informe PWC (2013); y unos factores de conversión de energía a emisiones de GEO. De esta manera se han obtenido unas emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de PIB durante el periodo analizado.

Teniendo en cuenta únicamente la variación del conjunto total del consumo de la energía si se cumplen las hipótesis para el periodo planteado, se puede concluir que las emisiones de CO<sub>2</sub> van a seguir aumentando progresivamente. En función de si el escenario contemplado contiene un porcentaje mayor de energías renovables el aumento será más suave. Pero se necesita un cambio estructural muy radical para que se pueda plantear una disminución de dichas emisiones.

Por tanto, si se mantienen las proporciones de los componentes del mix energético como hasta ahora, los niveles de CO<sub>2</sub> van a crecer a una tasa del 37%. Sin embargo, si se consigue aumentar la producción de las renovables como en el escenario dos, las emisiones crecerían en un 16,4%, reduciéndose más de la mitad. Esta situación vuelve a demostrar que nuestro modelo energético actual no es sostenible.

Bien es cierto que los avances tecnológicos y la eficiencia son motivos para el optimismo (acercarnos hacia un modelo parecido al escenario tres estudiado), pero las tendencias energéticas mundiales no son fáciles de cambiar y las preocupaciones sobre seguridad y sostenibilidad del suministro de energía no se resolverán por sí solas.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

ARRHENIUS (1903): Publicación. *“Tratado de física del cosmos”*

CAMBIO CLIMÁTICO Y CALENTAMIENTO GLOBAL (2015): Artículo. *“Aumento de las temperaturas globales”*. [www.cambioclimaticoglobal.com](http://www.cambioclimaticoglobal.com)

CONUEE (2009). *“Metodologías para la cuantificación de emisiones de GEI y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía”*.

DIRECTIVA 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 12 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad.

DIRECTIVA 2009/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 23 de abril de 2009, relativa al almacenamiento geológico de dióxido de carbono. Página 1 Apartado 5.

DIRECTIVA 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética. Página 1.

IDAE (2014): Propuesta de documento reconocido. *“Factores de emisión de CO<sub>2</sub>”*

IDAE (2015): Consumos e intensidades mensuales del año 2014. *“Evolución de los consumos de energía primaria y final en España. Año 2014”*.

IDAE (2015): Balances energéticos. *“Balances de energía final (1990-2013)”*.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2015): Publicación. *“World Energy Outlook 2014”*.

INFORME BURNDTLAND (1987): Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Capítulo 2: Hacia un desarrollo duradero.

INSTITUTO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS (2015): Publicación del 11/2/15. *“España reduce su dependencia energética exterior”*.

MINETUR (2015): Informes. *“IV.2 A. Producción de energía primaria (1)”*. Fecha de actualización 11/5/2015.

MINETUR (2015): Publicaciones balances energéticos. *“La energía en España 2014”*.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA): Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. *“Annual Mean Global Carbon Dioxide Growth Rates”*. [www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg)

OFICINA CATALANA DEL CAMBIO CLIMÁTICO (2012). *“Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)”*.

PRUGH, T. Y RENNER, M. (DIRECTORES, 2014). GOBERNAR PARA LA SOSTENIBILIDAD: La situación del mundo en 2014. Juhem ecosocial. Editorial Icaria.

PWC (2015): Informes. *“La economía española en 2033”*.

RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA (2015): Informe anual. *“Informe del Sistema Eléctrico Español 2014”*.

UNECCC (1997): *“Protocolo de Kyoto”*. Ratificado para el periodo 2013 – 2020. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)

UNECCC (2006): Manual. *“Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”*. Artículo 1.2