



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería mecánica

**Estimación de las emisiones de CO₂ en
Europa a través de la Identidad de Kaya**

Autor:

De la Cruz Alonso, Eloy

Tutor:

**Miguel González, Luis Javier
Departamento de Ingeniería de
Sistemas y Automática de la
Universidad de Valladolid**

Valladolid, Octubre 2016.

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto es mostrar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera por parte de la unión europea a lo largo de la historia y tratar de obtener una previsión y estimación para el año 2050.

La necesidad de estudio de esos gases, surge por el incipiente cambio climático, y el deseo de reducir esas emisiones ya que son uno de los principales causantes de tal cambio.

Para tal propósito, se utilizará una ecuación llamada Identidad de Kaya, la cual relaciona las emisiones de CO₂ equivalente con una serie de factores que describen al país o región del estudio, tales como, la población, el conjunto de bienes y servicios producidos en el país, la energía del mismo y las emisiones de gases de efecto invernadero emitidas.

Palabras clave: Identidad de Kaya, Emisiones de CO₂, Europa, Energía, Cambio climático.

ABSTRACT

The main objective of the project is analyze the greenhouse emissions gases (GHG) into atmosphere by the European Union along the years and tries to get forecasting for 2050.

The need of the study of GHG I due to the of the emerging climate change. It will be necessary to decrease those emissions because it's one of main reasons of such change.

In order to reach this aim, the Identity Kaya will be used. This equation links CO₂ emissions equivalent with different factors that explain the situation of the country or region that we want to study. These factors are population, gross domestic product, energy and CO₂ emissions equivalent.

Keywords: Identity Kaya, CO₂ emissions, Europe, Energy, Climate Change.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1. Marco y justificación del proyecto.....	11
1.2. Objetivos.....	12
1.3. Presentación de la memoria.....	13

CAPÍTULO 2. EL CLIMA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

2.1. Evolución histórica del clima mundial.	18
2.2. ¿Qué es el cambio climático?	22
2.3. Causas del cambio climático. Efecto invernadero.....	23
2.4. Consecuencias del cambio climático.....	24
2.5. ¿Cómo afecta el hombre a su cambio?.....	31

CAPÍTULO 3. EMISIONES DE CO2 Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA UNIÓN EUROPEA

3.1. Introducción.....	35
3.2. Emisiones de la Unión Europea.....	37
3.3. Análisis sectorial.....	41
3.4. Sumideros de carbono.....	45
3.5. Conclusiones y acciones para el futuro.....	47

CAPÍTULO 4. IDENTIDAD DE KAYA Y SU APLICACIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA

4.1. Identidad de Kaya.....	55
4.1.1. Población.....	57
4.1.2. PIB per cápita.....	59
4.1.3. Intensidad energética.....	59
4.1.4. Intensidad de carbonización.....	60

4.2. Aplicación de Kaya en la Unión Europea.....	61
4.2.1. Población en la Unión Europea.....	62
4.2.2. PIB per cápita en la Unión Europea.....	64
4.2.3. Intensidad energética en la Unión Europea.....	67
4.2.4. Intensidad de carbonización en la Unión Europea.....	74

CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE LAS VARIABLES DE KAYA Y FUTUROS ESCENARIOS PARA LA UNIÓN EUROPEA

5.1. Introducción.....	81
5.1.2. Población.....	83
5.1.3. PIB per cápita.....	87
5.1.4. Intensidad energética.....	93
5.1.5. Intensidad de carbonización.....	99
5.2. Futuros escenarios para la Unión Europea.....	106
5.2.1. Obtención de emisiones de CO2 equivalente mediante la identidad de Kaya.	106
5.2.2. Obtención de emisiones de CO2 equivalente mediante los métodos de proyecciones.....	116
5.2.3. Comparación de resultados de emisiones y conclusiones.....	120

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

6.1. Resumen del trabajo realizado.....	123
6.2. Conclusiones técnicas.....	124
6.3. Conclusiones personales.....	126
6.4. Trabajos futuros.....	129

CAPÍTULO 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
--	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Figura 2.1. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia.	18
Figura 2.2. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia, con marcas informativas.	19
Figura 2.3. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia.	20
Figura 2.4. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia.	20
Figura 2.5. Variación de la temperatura respecto a la media (°C).	24
Figura 2.6. Tendencia de las cantidades anuales de precipitación.	27
Figura 2.7. Evolución media anual de la capa de hilo del polo norte.	29
Figura 3.1. Cambios en las emisiones de los GEI en los Estados Miembros de la Unión Europea.	36
Figura 3.2. Emisiones efectivas y previstas (Mt CO ₂ eq) de la UE.	39
Figura 3.3. Evolución del PIB, de las emisiones de GEI y de la intensidad de las emisiones.	40
Figura 3.4. Variación de las emisiones de GEI de la UE-27 por sectores y proporción de los distintos sectores en las emisiones totales de GEI.	42
Figura 3.5. Fuentes emisoras de CO ₂	42
Figura 3.6. Procedencia de las emisiones de CO ₂	43
Figura 3.7. Cantidad y porcentaje de la energía eléctrica producida a través de combustibles fósiles de los países de G8.	44
Figura 3.8. Diferencia prevista respecto a los objetivos para 2020 de los sectores no incluidos en el RCDE.	50
Figura 4.1. Evolución demográfica mundial.	58
Figura 4.2. Distribución predicha para la población mundial estimada para el año 2050.	58
Figura 4.3. Mapa de países por PIB per cápita en 2012.	59
Figura 4.6. Mapa de la población estimada de la UE en 2015.	62
Figura 4.7. Pirámide poblacional de la Unión Europea (28) en 2013.	63

Figura 4.8. Tabla con el PIB de los diferentes miembros de la Unión Europea (28) en 2015.	66
Figura 4.9. Mapa del PIB por habitante en las diferentes regiones de la Unión Europea (28) en 2014.	67
Figura 4.10. Gráfica de la evolución de intensidad energética en la unión europea (27).	69
Figura 4.11. Mapa de intensidad energética en la unión europea (27).	71
Figura 4.12. Gráfica del Suministro total de energía primaria en la Unión Europea (28) 2013.	72
Figura 4.13. Gráfica evolutiva del porcentaje de dependencia energética de la Unión Europea (28) 1990-2014.	73
Figura 4.14. Mapa ilustrativo de dependencia energética de cada estado miembro de la Unión Europea (28) en 2014.	73
Figura 4.15. Gráfica de la evolución de las emisiones totales de GEI de la Unión Europea (28).	75
Figura 4.16. Gráfica de las emisiones totales de GEI de la Unión Europea (28) por sectores.	76
Figura 5.1. Gráfica de PIB de la UE y dos posibles tendencias futuras.	81
Figura 5.2. Gráfica de la evolución de la población de la Unión Europea. ...	83
Figura 5.3. Gráfica comparativa de la evolución de los nacimientos y defunciones de la Unión Europea.	83
Figura 5.4. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la población de la Unión Europea.	84
Figura 5.5. Gráfica de la evolución del PIB per cápita de la Unión Europea. .	87
Figura 5.6. Gráfica del porcentaje de crecimiento del PIB per cápita de la Unión Europea respecto del año anterior.	87
Figura 5.7. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la del PIB per cápita de la Unión Europea.	88
Figura 5.8. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.7.	89
Figura 5.9. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la del PIB per cápita de la Unión Europea.	89

Figura 5.10. Gráfica representativa del histórico de la Intensidad Energética de la Unión Europea.	93
Figura 5.11. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad Energética de la Unión Europea.	94
Figura 5.12. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.11.	94
Figura 5.13. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad Energética de la Unión Europea.	95
Figura 5.14. Gráfica representativa del histórico de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea.	99
Figura 5.15. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea.	100
Figura 5.16. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.15.	100
Figura 5.17. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea.	101
Figura 5.18. Gráfica del porcentaje de emisiones de dióxido de carbono equivalente por sectores en la Unión Europea para el año 2013. .	105
Figura 5.19. Tabla aclarativa de la combinación de los diferentes escenarios de cada factor para crear las funciones de las emisiones de dióxido de carbono.	109
Figura 5.20. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la UE. .	110
Figura 5.21. Gráfica de la evolución de las emisiones de dióxido de carbono equivalente de la Unión Europea.	115
Figura 5.22. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la UE. .	116
Figura 5.23. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.22.	116
Figura 5.24. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la UE. .	117

Figura 5.25. Unión de las figuras 5.20 y 5.24. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la Unión Europea. 119

Figura 6.1. Gráfica comparativa de las emisiones de CO2 equivalente entre la Unión europea y el mundo. Mostrando los valores per cápita y porcentual.124



Capítulo 1

Introducción y objetivos del proyecto

1.1. Marco y justificación del proyecto

1.2. Objetivos

1.3. Presentación de la memoria

1.1. Marco y justificación del proyecto

El cambio climático es un problema a nivel mundial. Cada vez este fenómeno se manifiesta en mayor grado, viéndose afectada una mayor población. Por ello, dentro de la comunidad científica está tomando cada vez más importancia el analizar este fenómeno.

Existen diversos estudios e investigaciones entre las que se incluye el GIR, grupo de investigación reconocido de la Universidad de Valladolid, en energía, economía y dinámica de sistemas. Cuyo trabajo pretende determinar y analizar aquellos factores que contribuyen al cambio climático, así como, crear proyecciones para las emisiones de gases de efecto invernadero futuras y proponer medidas para paliar dichas emisiones.

He de aclarar, tres matices que no refleja el título de tal proyecto. Las denominadas emisiones de CO₂, son emisiones de diferentes gases de efecto invernadero, en el capítulo 3 se explicarán cuáles son, cuyos valores de emisión y alcance de acción se unifican y utilizan las unidades de emisiones de dióxido de carbono equivalente. El estudio está centrado en Europa, en particular en los 28 estados miembros de la Unión europea. La estimación está hecha para el año 2050.

Numerosos estudios han determinado, que las emisiones de ciertos gases a la atmosfera generan el denominado efecto invernadero. Lo que hace que aumente la temperatura de la tierra acelerando así el cambio climático.

Es un serio problema potencial para el futuro de nuestra sociedad. Actualmente, ya estamos empezando a notar las consecuencias, en cambios atmosféricos, tales como: inundaciones repentinas, sequias, aumento de la temperatura, aumento nivel del mar, menor pluviosidad, modificaciones en los periodos estivales e invernales, etc.

Con el comienzo de la era industrial, las emisiones de diversos gases, en especial el dióxido de carbono, aumentaron enormemente y con ello se aceleró este efecto. Desde que se conoció la causa raíz del problema, se ha tratado de analizar, estudiar y solucionarlo incansablemente.

Es por ello la razón de este estudio, tratar de determinar y prever el valor que adquirirán esas emisiones por parte de la unión europea para el año 2050, así como de las tendencias futuras que seguirán.

Con ello, poder de aplicar las acciones pertinentes para modificarlas e intentar llegar a ciertos objetivos deseados por parte de los gobiernos, para paliar el cambio climático.

El siguiente estudio llevado a cabo ha sido realizado en el entorno del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid, tutorado por D. Luis Javier Miguel González.

A pesar de tratarse de un análisis numérico se pretenden extraer unas conclusiones que vayan más allá de los resultados obtenidos aportando además opiniones personales y que trate de tener en cuenta la existencia de otros factores, tendiendo hacia el ideal de un futuro más sostenible.

1.2. Objetivos

Los objetivos pretendidos en este proyecto son los siguientes:

- Estudiar y analizar las emisiones históricas de CO2 equivalente de la Unión europea y los diversos factores que contribuyen a ellas. Estos factores son tomados de la Identidad de Kaya.
- Realizar una serie de estimaciones futuras de cada factor que contribuye en las emisiones históricas de CO2 equivalente de la Unión europea, bajo diferentes hipótesis o métodos.
- Analizar los posibles escenarios de las emisiones de CO2 equivalente de la Unión europea según las estimaciones futuras de cada factor que contribuyen a ellas.
- Realizar propuestas viables que permitan disminuir las emisiones de CO2 equivalente de la Unión europea.

1.3. Presentación de la memoria

El contenido de este trabajo, donde se abordan todos aquellos aspectos relevantes para la consecución de los objetivos, está estructurado en siete capítulos. A continuación, se resume el contenido de cada uno de ellos.

En el segundo capítulo se muestra la evolución del clima en la tierra, así como la explicación, causas y consecuencias del cambio climático.

El capítulo tercero explica las emisiones de CO₂ y la situación en la que se encuentra actualmente la Unión europea respecto a ello.

En el cuarto capítulo ya entramos en el proyecto en sí. En él, se explica la ecuación de la identidad de Kaya, así como las variables y factores de los que está compuesta. Profundizando posteriormente con cada factor para la unión europea.

En el quinto capítulo se recogen y reflejan todos los cálculos con datos a través de una serie de gráficas que muestran las tendencias históricas y futuros escenarios que sigue cada uno de los factores que integran la identidad de Kaya. Además de las conclusiones pertinentes.

También se encuentran los cálculos finales para obtener las emisiones de CO₂ viendo los futuros escenarios posibles. Aparte de llegar a estas soluciones mediante la identidad e Kaya, existe un sub apartado donde esto mismo está calculado a través de la recopilación de datos y su posterior generación de los futuros escenarios. Finalizando con una comparación entre ambos métodos.

El penúltimo capítulo, el sexto, recoge un resumen del trabajo realizado, los pasos seguidos en el capítulo cinco. Así como también, todas las conclusiones técnicas que se han ido planteado a lo largo del trabajo y personales. Y un último apartado donde se exponen una serie de ideas, en las que se podría haber profundizado para este trabajo, pero que por motivos de tiempo no se ha podido.

Finalizando con el séptimo capítulo donde recoge detalladamente todas las referencias bibliográficas utilizadas.



Capítulo 2

El clima y el cambio climático

- 2.1. Evolución histórica del clima mundial.
- 2.2. ¿Qué es el cambio climático?
- 2.3. Causas del cambio climático. Efecto invernadero.
- 2.4. Consecuencias del cambio climático.
- 2.5. ¿Cómo afecta el hombre a su cambio?

Desde que el planeta tierra se formó hasta la actualidad, el clima ha estado cambiando constantemente y no va a dejar de hacerlo. El problema actual, es que ese cambio climático, está acelerado y provoca una dificultad añadida para muchas especies de seres vivos, conseguir adaptarse a las nuevas condiciones de vida, incluido el hombre.

Ese cambio climático es el mayor problema actual al que se enfrenta el ser humano, al igual que todos los seres vivos que habitan la tierra, pero nosotros somos los únicos capaces de mitigarlo y hacerlo más paulatino.

Esta aceleración es causada por la actividad humana, principalmente aumentando los niveles de ciertos gases en la atmosfera, los cuales causan lo denominado como efecto invernadero, reteniendo una mayor cantidad de energía solar y evitando su reflexión al espacio.

El rápido cambio del clima al que nos enfrentamos y enfrentaremos en los próximos años, es un problema invisible para muchos, ya que su acción es lenta, pero a la vez continua y es un problema real que está modificando nuestro estilo de vida y el de todas las especies animales y vegetales.

En este capítulo, se expondrán una serie de acontecimiento históricos, así como la explicación de ciertos factores clave en el entendimiento del cambio climático. Gran parte de la información mostrada, ha sido recopilada de diferentes fuentes, junto con aportaciones personales. Ya que generar un informe personal en sí propio sin recurrir a otras fuentes, requeriría un mayor tiempo por mi parte. El cual, por diversos factores de plazos de creación de las memorias, no dispongo (véase el capítulo 7, Principales fuentes bibliográficas). Por ello no existen muchas referencias bibliográficas dentro del capítulo.

2.1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CLIMA MUNDIAL

Las variaciones climáticas en nuestro planeta son un fenómeno regular que se ha producido a lo largo de toda la historia. Es sabido que el clima de la tierra ha sufrido variaciones constantes y las cuales son en mayor o menor medida cíclicas, alternándose épocas cálidas con eras glaciares.

Una de las variables más influyente y representativa del clima de una región, es la temperatura. La cual es explicada y mostrada a continuación:

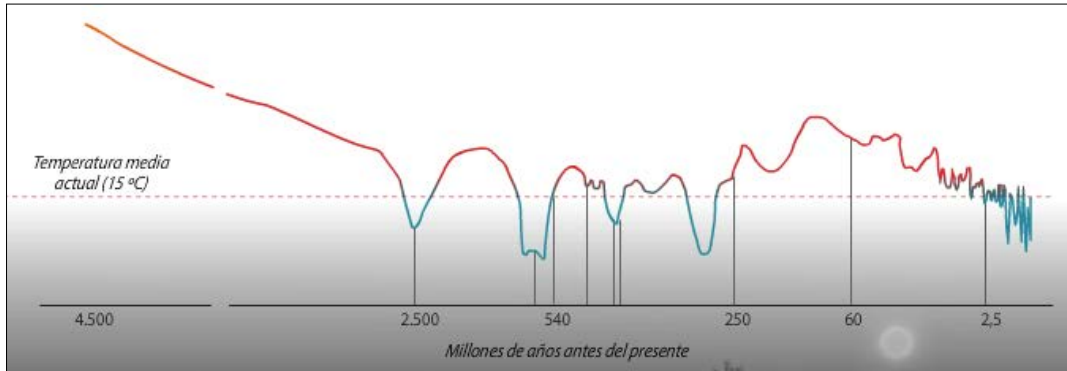


Figura 2.1. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia. [1]

Épocas cálidas:

Ha habido varias épocas cálidas, las cuales se asocian a épocas de mayor actividad volcánica y por consiguiente una mayor concentración de CO₂ atmosférico. O a un aumento de metano debido a pantanos o emanación de los fondos oceánicos.

A continuación, se explicarán brevemente ciertas eras cálidas de la gráfica anteriormente mostrada:

- (1) En esta época la tierra comienza a enfriarse y estabilizarse, dejando de sufrir el continuo impacto de meteoritos y asteroides. La gran mayoría de teorías coincide que es en esta época cuando surgió la vida en la tierra, tras el gran cataclismo conocido como el Gran Bombardeo Tardío, hace 3.900 millones de años, el cual esterilizó la tierra.
- (2) El aumento de las temperaturas generó la llamada explosión Cámbrica, hace 540 millones de años. Se estima que la temperatura global media de la superficie terrestre alcanzó unos 22°C, lo que permitió un gran desarrollo de especies. Se generó una aparición repentina y rápida diversificación de organismos macroscópicos multicelulares complejos.
- (3) Este periodo es conocido como Cretácico, la llamada época de los dinosaurios. Se estima que la temperatura global media de la superficie terrestre pudo alcanzar valores entre 20 y 24°C.

Es en esta época cuando se generaron la gran mayoría de las reservas mundiales de petróleo.

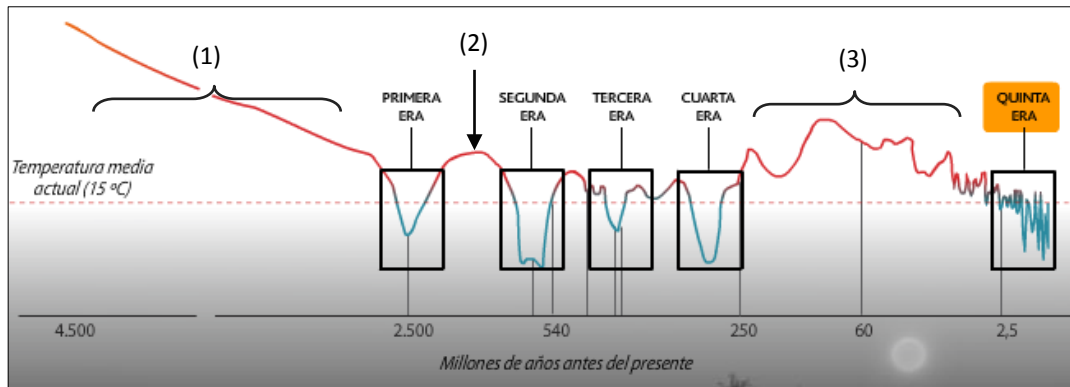


Figura 2.2. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia, con marcas informativas. [1]

Épocas glaciales:

Las épocas complementarias a las anteriormente descritas como épocas cálidas, son las eras glaciares. La tierra ha experimentado cinco periodos glaciares. Dentro de estos, existen períodos de condiciones más severas, denominados periodos glaciares, y periodos más templados, llamados interglaciares.

La **primera glaciación** es conocida como Huroniana y se produjo entre hace 2600 y 2300 millones años (Ma), con una duración aproximada de 300 Ma y por tanto la más larga de todas. La **segunda edad de hielo**, coincidente con el Criogénico, y, posiblemente, la más severa, se estima ocurrió de 850 a 635 millones de años atrás. La **tercera glaciación**, Andina-Sahariana, corresponde a una serie menor de sucesiones glaciación-interglaciación que ocurrieron entre hace 460 Ma y 430 Ma. La **cuarta glaciación**, Karoo, tuvo extensos periodos glaciares de 350 a 250 Ma. La actual, y **quinta era de hielo**, llamada Glaciación Cuaternaria, ha visto ciclos de periodos glaciares más o menos extensos, de 40.000 o menos años y 100.000 años. [1]

Desde hace entre 3 y 2,5 millones de años se suceden periodos glaciares en que se forman casquetes de hielo en Norteamérica y en el Norte de Eurasia, y periodos interglaciares en que esos mantos desaparecen. La oscilación térmica de los ciclos glaciares ha ido aumentando y la periodicidad ha ido variando.

En los últimos 400.000 años ha habido cuatro periodos glaciales separados por periodos cálidos de unos 10.000 años llamados interglaciares.

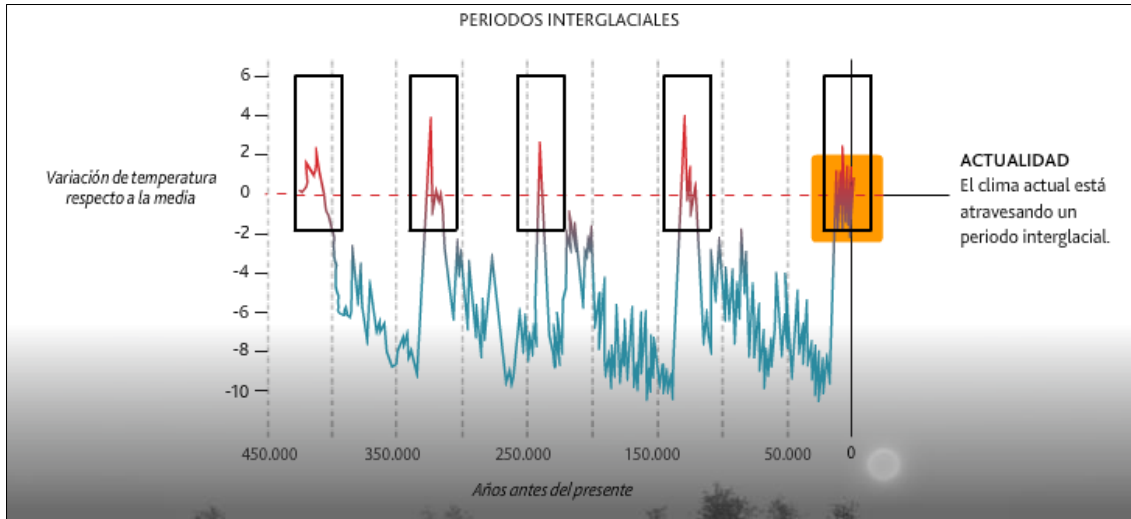


Figura 2.3. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia. [1]

Actualmente, con el último período glacial del Cuaternario terminado hace aproximadamente 12 500 años, llamado Younger Dryas; la tierra experimenta un periodo interglacial dentro de la glaciación cuaternaria, llamado Holoceno.

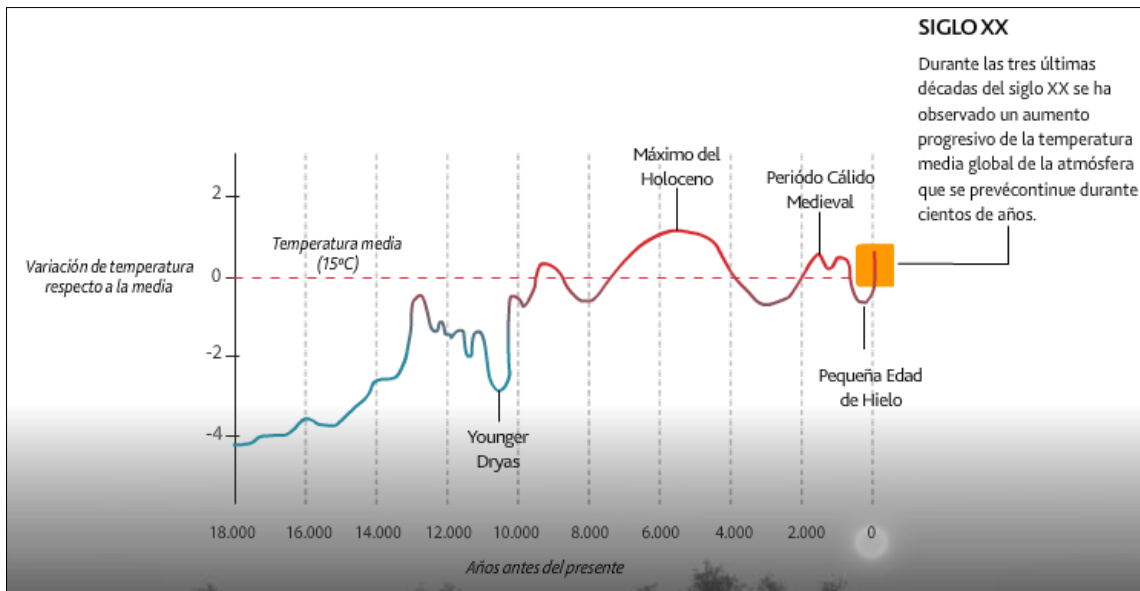


Figura 2.4. Temperatura media de la tierra a lo largo de la historia. [1]

Fue en esta época cuando surgió la cultura egipcia, sobre el 5000 a.C. Tras la retirada de las glaciaciones, en un periodo cálido, diversas poblaciones

indígenas fueron concentradas y empujadas por la desertización del Sahara, hacia el fértil y caudaloso río Nilo.

Recientes estudios apuntan, que esa desertización fue provocada por un suceso a miles de kilómetros, en Norteamérica. Gran parte del continente norteamericano estaba helado. Al deshelarse, se formó un enorme lago en lo que hoy se conoce como Península del Labrador, el cual estaba a un gran desnivel por encima del mar, contenido por paredes de hielo. El cataclismo ocurrió cuando esas paredes heladas no pudieron contener más la gran masa de agua dulce, la cual se vertió en el océano atlántico modificando seriamente las corrientes oceánicas debido a la diferencia de salinidad y temperatura, y a través de esas corrientes y vientos se generaron cambios en la pluviosidad, no llegando las lluvias al Sahara y empezando a sufrir los efectos de devastadoras sequías.

Un estudio de Jan Esper en la revista científica *Global and Planetary Change*, expone evidencias que demuestran que tanto la extensión del Período Cálido Medieval como las temperaturas fueron similares, o aún más altas, que el Actual Período Cálido, aunque las concentraciones de CO₂ atmosférico de hoy son un 40% más altas que durante el PCM.

Después del 800 d.C., dentro del Período Cálido Medieval, los vikingos llegaron a colonizar algunas costas de Groenlandia, aprovechando el deshielo. Incluso se han encontrado vestigios de que llegaron al continente americano, a la península del Labrador, navegando a través de los mares helados de Groenlandia.

Posteriormente, entre los años 1.550 y 1.850 aproximadamente se produjo un enfriamiento conocido como la Pequeña Edad de Hielo.

En conclusión, el planeta tierra a lo largo de su vida, ha sufrido eras glaciales alternándose con épocas cálidas de mayor esplendor y expansión de biodiversidad. Y está en la propia naturaleza de la tierra, el variar su clima continuamente. Además, aunque parezca una afirmación polémica, algunas de las mayores civilizaciones alcanzaron su esplendor gracias al aumento de las temperaturas de sus hábitats.

No voy a entrar en detalles en explicar la evolución del clima en Europa, pues a mi juicio, no es relevante ya que el cambio climático es un problema a nivel mundial y no local. El cambio climático mundial es efecto de la actividad humana mundial.

No por qué en Europa se reduzcan las emisiones de Gases de efecto invernadero y se lleven a cabo políticas medioambientales, Europa dejará de sufrir el temible cambio climático.

2.2. ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

Es la alteración de parámetros climáticos durante un periodo prolongado de tiempo; tales como la temperatura y la pluviosidad.

Esto modifica los patrones climáticos de una región, y, por tanto, afecta a las especies tanto vegetales como animales que habitan dicha región, y han de adaptarse o perecer. Es un factor altamente influyente en la evolución de las especies, generando nuevas y extinguiendo otras. Normalmente este tipo de cambios se producen a lo largo de varios siglos, permitiendo a las especies animales y vegetales adaptarse gradualmente a las nuevas condiciones climatológicas.

El problema al que nos enfrentamos deriva en que el actual cambio climático está acelerándose. Al cambio natural, que por diversos motivos sufre la tierra, se ha de sumar el causado por el hombre debido a su actividad humana. Dicho de otro modo, el hombre es el causante de esa aceleración.

El problema viene debido a que todos los seres vivos de la tierra nos hemos de adaptar muy rápido, y según Greenpeace muchas especies ya se han extinguido y otras tantas no lo conseguirán. Esto es debido a diversos motivos, que añadidos a los causados por el hombre directamente, tales como: reducción del hábitat y caza indiscriminada, se han de sumar los debidos al cambio de su hábitat: falta de comida y agua, alteración en las migraciones de especies, cambios en la cadena trófica, periodos de hambruna más prolongados, etc.

En resumen, el mundo tal y como lo conocemos está cambiando. Tenemos que ser capaces de mitigar ese cambio y encontrar un equilibrio para estabilizarlo lo máximo posible.

2.3. CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. EFECTO INVERNADERO

La convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático afirma que el cambio climático observado durante los últimos años está provocado por un incremento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera de origen antropogénico, esto es, generados por el ser humano fundamentalmente a través de actividades tales como: la quema masiva de combustibles fósiles y el cambio del uso de la tierra y la agricultura.

El efecto invernadero no es otro que la retención de la radiación térmica reflejada por parte de la tierra, la cual es emitida por el sol. Esta barrera gaseosa, evita que la energía reflexionada por la superficie terrestre y los océanos salgan al espacio y es concentrada en la tierra, aumentando así la temperatura de la misma.

Este fenómeno es necesario para la vida, generando así una temperatura estable y agradable para la vida en la tierra. El principal valedor de este efecto, es el gas denominado dióxido de carbono, CO_2 , el cual en los últimos años, debido a la actividad humana, ha aumentado considerablemente su concentración en la atmosfera terrestre, y por tanto incrementando considerablemente el efecto invernadero.

La barrera está causada por los llamados gases de efecto invernadero (GEI) los cuales absorben esa energía irradiada y no dejan su escape. Existen muchos gases en la atmosfera que generan este efecto, pero no todos inciden de la misma forma en el calentamiento de la atmosfera debido a que tienen concentraciones distintas y tienen una capacidad diferente de absorber la radiación terrestre. La llamada cesta del Protocolo de Kioto incluyó seis gases: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Para obtener las emisiones de CO_2 equivalente utilizando su potencial de calentamiento global se utilizan los siguientes factores de ponderación: $\text{CO}_2 = 1$, $\text{CH}_4 = 21$, $\text{N}_2\text{O} = 310$, $\text{SF}_6 = 23900$. HFC y PFC comprenden un gran número de diferentes gases que tienen diferentes potenciales de calentamiento atmosférico. A modo de ejemplo explicativo, el metano (CH_4) tiene un potencial de efecto invernadero 21 veces superior al dióxido de carbono (CO_2).

Genéricamente las emisiones de estos gases están directamente relacionadas con la evolución de la economía. Un desarrollo económico genera un aumento en las tasas de emisiones, en cambio, en una recesión económica disminuyen esas emisiones. Genéricamente, la concentración atmosférica de CO_2 aumenta año tras año, existe una tendencia creciente.

Desde la industrialización, la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera ha aumentado de manera considerable, siendo el CO₂ el GEI más abundante. El incremento de la concentración de estos gases aumenta el efecto invernadero de la atmósfera, provocando un aumento en la temperatura media global.

A modo de ejemplo del aumento de los niveles de CO₂ en la atmósfera, antes de la revolución industrial la concentración de CO₂ era de unas 280 partes por millón (ppm). En 2008 se llegó a 387 ppm. En 2015 la concentración de CO₂ media a nivel mundial superó las 400 ppm, según anunció la Administración Oceánica y Atmosférica de EEUU (NOAA).

2.4. CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático está generando graves problemas para la vida, tales como: sequías e inundaciones, cambios en los ciclos del agua, hambruna, deshielos, desertificación de la tierra, acidificación de los océanos, etc.

A continuación, se explicarán algunas de las consecuencias.

• Aumento de la temperatura media de la superficie terrestre

La recogida de datos de los últimos siglos muestra la evolución de la temperatura, la cual se muestra en la siguiente gráfica.

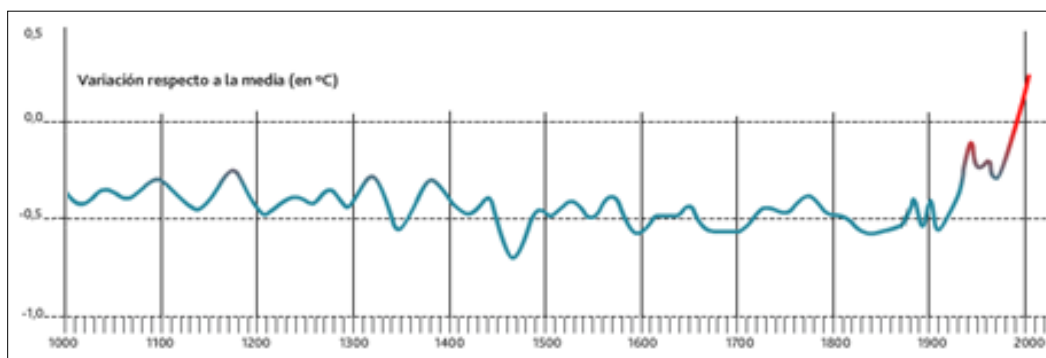


Figura 2.5. Variación de la temperatura respecto a la media (°C). [1]

En el gráfico se muestra que la temperatura media durante los últimos siglos se ha mantenido constante, 0,5°C por debajo de la media. Pero en el pasado siglo, ha experimentado un aumento, y a partir de mediados del mismo ese aumento no se puede explicar por únicamente causas naturales.

En todo el planeta existe una tendencia al calentamiento, estando relacionada directamente con la reducción de la superficie nevada y el retroceso de glaciares, derivando en un mayor aumento del nivel del mar en los últimos años.

El evitar en la mayor medida posible este aumento, ha sido el centro de debate en el Acuerdo del clima de París 2015, y en el que se basan todas las medidas preventivas, políticas medioambientales, tratados y acuerdos. Cuyo objetivo del mismo es no superar los 2°C de aumento para 2050.

- **Variación de la pluviosidad**

El ciclo hidrológico está estrechamente vinculado a los cambios de la temperatura atmosférica. El calentamiento climático en los últimos decenios es inequívoco, como se desprende ya del aumento observado del promedio mundial de las temperaturas del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos y del aumento del promedio mundial del nivel del mar.

Según IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) [4], las tendencias de la precipitación anual, basada en datos de estaciones de la (Red Mundial de Climatología Histórica), Muestran que en la mayor parte de América del Norte y de Eurasia, la precipitación anual ha aumentado durante los 105 años transcurridos desde 1901 (Figura 2.6.1). El periodo transcurrido desde 1979 exhibe una pauta más compleja, con evidencia de sequías regionales (por ejemplo, en el suroeste de América del Norte) (Figura 2.6.2). En la mayor parte de Eurasia se ha registrado un incremento de la precipitación son más numerosas que las que registran disminuciones, para ambos periodos.

Entre el norte de Europa y el Mediterráneo, las variaciones tienden a manifestarse en sentido inverso, por efecto de los cambios experimentados por la teleconexión de la Oscilación del Atlántico Norte. En toda América del Sur se han observado condiciones crecientemente lluviosas en la cuenca amazónica y en el sudeste del continente, incluida la Patagonia, y tendencias negativas de la precipitación anual sobre Chile y parte de la costa occidental del continente. Las variaciones en la Amazonia, en América Central y en la parte occidental de América del Norte sugieren variaciones latitudinales de las características de los monzones. A partir de 1901, las tendencias negativas de la precipitación anual observadas son más acusadas en el África occidental y en el Sahel, aunque se observaron tendencias decrecientes en otras muchas partes de África y en el sur de Asia. A partir de 1979, las precipitaciones han aumentado en la región del Sahel y en otras partes del África tropical, en parte por efecto de las variaciones asociadas a las pautas de teleconexión. En buena parte del noroeste de India, el periodo 1901-2005

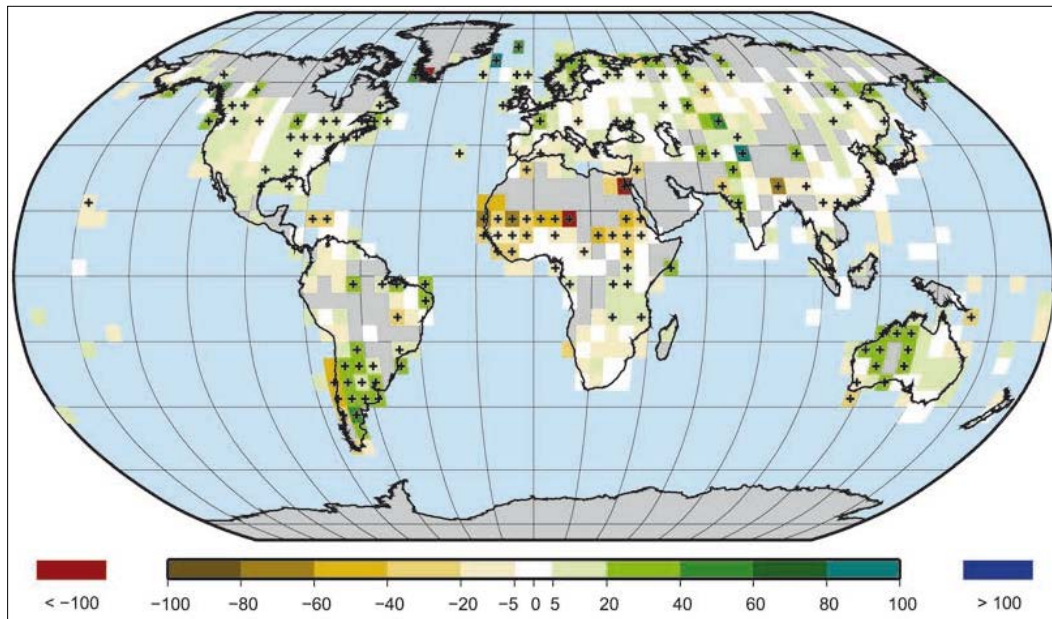
registra aumentos de más de un 20% por siglo, aunque a partir de 1979 se aprecia una fuerte disminución de la precipitación anual en esa misma área. En el noroeste de Australia se observan áreas con un aumento entre moderado y fuerte de la precipitación anual durante ambos periodos. En esa región las condiciones se han tornado más lluviosas, aunque se ha observado una marcada tendencia a la disminución en su extremo suroccidental, caracterizada por un salto descendente hacia 1975. Varios estudios basados en modelos sugieren que los cambios del forzamiento radiactivo (proveniente de fuentes antropógenas, volcánicas y solares) han contribuido a las tendencias observadas de la precipitación media.

Los aumentos de la precipitación más grandes se atribuyen a la primera mitad del siglo XX con una tendencia de una muy ligera disminución desde 1950. En contraste, en América del Norte el aumento más importante de precipitación se da desde la segunda mitad del siglo XX.

Las regiones del oeste del continente son las zonas donde el aumento ha sido menos importante. En Europa, los cambios en la precipitación muestran una clara dependencia con la latitud. En las regiones situadas más al norte, por encima del paralelo 50° Norte, hay incrementos en la precipitación, mientras que en la zona central no se observa una tendencia clara y en los países mediterráneos se observa una pequeña disminución, aunque modulada por un aumento de la irregularidad que puede inducir incluso un aumento estacional durante el otoño. Sin embargo, la medida de los cambios de la precipitación en los océanos es difícil. De hecho, las medidas fiables se limitan a las estaciones meteorológicas situadas en islas y pequeños islotes.

Todo ello es reflejado en las imágenes de la figura de la página siguiente.

Tendencia de la precipitación anual, 1901-2005



Tendencia de la precipitación anual, 1979-2005

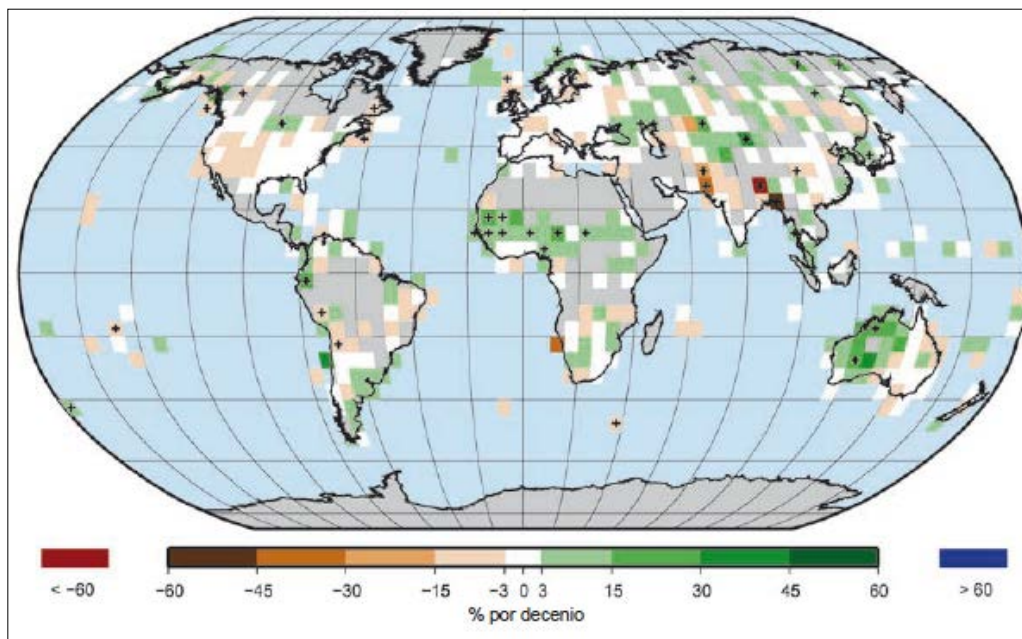


Figura 2.6. Tendencia de las cantidades anuales de precipitación en 1901-2005 (figura superior, % por siglo) y 1979-2005 (figura inferior, % por decenio), como porcentaje del promedio correspondiente a 1961-1990, según datos obtenidos de estaciones de la RMCH (Red Mundial de Climatología Histórica). En las áreas grises no se dispone de datos suficientes para producir tendencias fiables. **Fuente:** IPCC [4].

- **Variación de la criosfera**

La criosfera es el componente del sistema Terrestre que contiene agua en un estado sólido, estas se encuentran en regiones cubiertas por nieve o hielo, sean tierra o mar. Incluye la Antártida, el Océano Ártico, Groenlandia, el Norte de Canadá, el Norte de Siberia y la mayor parte de las cimas más altas de cadenas montañosas.

Para hacerse una idea de la cantidad de agua que alberga, se expondrá que: de toda el agua que alberga la tierra, el 97,5% se encuentra en los mares y océanos; el 2,5% restante es agua dulce, del cual el 1,72% está en estado sólido en los polos y glaciares, es decir, un 68,7% del total de agua dulce que alberga de la tierra, más de dos tercios del agua dulce.

Otro dato anecdótico para darnos cuenta del tamaño del hielo en los casquetes polares, mientras que los océanos congelados tienen unos metros de espesor, el hielo que yace sobre tierra firme en la Antártida, tiene kilómetros de espesor, llegando en muchas zonas a 4 Kilómetros. Este estudio del espesor de la Antártida fue realizado por el Instituto Scripps de Oceanografía, el cual también dijo que si se derritiera la capa de hielo antártica por completo subiría el nivel del mar en 58m.

Juega un rol muy importante en la regulación del clima global.

La nieve y el hielo tienen un alto albedo, por ello, algunas partes de la Antártida reflejan hasta un 90% de la radiación solar incidente, comparado con el promedio global que es de un 31%.

Sin la criosfera, el albedo global sería considerablemente más bajo, se absorbería más energía a nivel de la superficie terrestre y, por lo tanto, la temperatura atmosférica sería más alta.

En este punto existe un problema añadido por las emisiones de GEI, muchos de ellos transportados por los vientos, reposan en la superficie del hielo, volviéndolo de color grisáceo y haciendo descender su albedo además de absorber más calor y aumentar la temperatura del hielo favoreciendo su fusión. Este problema está siendo acusado en la Antártida y en Tierra del fuego (Argentina).



Figura 2.7. Evolución media anual de la capa de hielo del polo norte. [1]

Como se muestra en el gráfico, el polo norte está viéndose reducida su masa de hielo permanente de forma alarmante. Generando serios problemas a la fauna local y dando acceso a nuevas rutas de transporte marítimo, así como liberando y dando acceso a nuevas fuentes de energías fósiles.

También tiene un rol en desconectar la atmósfera con los océanos, reduciendo la transferencia de humedad y, de esta manera, estabiliza las transferencias de energía en la atmósfera.

Finalmente, su presencia afecta marcadamente el volumen de los océanos y de los niveles globales del mar, cambios en ella, pueden afectar el presupuesto energético del clima.

El permafrost (suelos congelados de manera permanente) influye sobre el contenido de agua y la vegetación de amplias zonas y es uno de los componentes de la criosfera que es más sensible a las tendencias de calentamiento atmosférico, también tienen el elemento extra de que, al calentarse, la materia orgánica que contienen puede emitir gases de invernadero y aumentar la tasa de calentamiento global.

Los glaciares y capas de hielo, como también hielo en ríos y lagos, con su menor área y volumen, reaccionan de manera relativamente rápida a los efectos del clima, influyen sobre el ecosistema y las actividades humanas en una escala local y son un buen indicador de cambio climático.

- **Variación del nivel del mar**

Según un informe que recoge National Geographic, los últimos registros de mediciones, demuestran que, a lo largo del siglo pasado, el Nivel Medio del aumentó entre 10 y 20 centímetros. Sin embargo, la tasa anual de aumento durante los últimos 20 años ha sido de 3,2 milímetros, más o menos el doble de la velocidad media de los 80 años precedentes.

Durante el siglo pasado, la quema de combustibles fósiles y otras actividades humanas y naturales liberaron en la atmósfera enormes cantidades de gases que atrapan el calor. Estas emisiones han provocado que la temperatura de la superficie de la Tierra haya aumentado y que los océanos hayan absorbido alrededor de un 80% de este calor adicional.

El aumento de los niveles del mar está vinculado a tres factores principales, todos ellos inducidos por el cambio climático actual:

Dilatación térmica: Cuando el agua se calienta, se dilata. Alrededor de la mitad del aumento del nivel del mar que se produjo a lo largo del siglo pasado es atribuible al hecho de que los océanos, al calentarse, ocupan más espacio.

El deshielo de los glaciares y de los casquetes polares: Las grandes formaciones de hielo, como los glaciares y los casquetes polares, se derriten de forma natural en verano. Pero en invierno, las precipitaciones en forma nieve, compuestas en su mayor parte de agua marina evaporada, bastan normalmente para compensar el deshielo. Sin embargo, las altas y persistentes temperaturas registradas recientemente a causa del calentamiento global, son las responsables de que la cantidad de hielo que se derrite en verano haya aumentado y de que las nevadas hayan disminuido debido a que los inviernos se retrasan y las primaveras se adelantan. Este desequilibrio genera un aumento neto significativo de la escorrentía frente a la evaporación de los océanos, provocando que el nivel del mar se eleve.

Pérdida de hielo en Groenlandia y en la Antártida Occidental: Al igual que con los glaciares y con los casquetes de hielo, el aumento del calor está provocando que las enormes placas de hielo que recubren Groenlandia y la Antártida se derritan a un ritmo acelerado. Asimismo, los científicos creen que el agua dulce generada por la fusión en la superficie y el agua de mar bajo su superficie se están filtrando por debajo de las placas de hielo de Groenlandia y de la Antártida Occidental, lubricando las corrientes de hielo y provocando que estas se deslicen con mayor rapidez hacia el mar. Además, el aumento de las temperaturas está provocando que las enormes plataformas de hielo adheridas a la Antártida se estén derritiendo desde la base, se debiliten y se desprendan.

Las consecuencias de todo esto son una rápida elevación del nivel del mar. Incluso un pequeño aumento puede tener consecuencias devastadoras en los hábitats costeros. El agua de mar penetra en zonas cada vez más alejadas de la costa, lo cual puede generar consecuencias catastróficas como la erosión, las inundaciones de humedales, la contaminación de acuíferos y de suelo agrícola, y la pérdida del hábitat de peces, pájaros y plantas.

Cuando las tormentas de gran intensidad tocan tierra, un nivel del mar más elevado provoca temporales de mayor tamaño e intensidad que pueden destruir todo lo que encuentran a su paso.

Además, cientos de millones de personas viven en zonas que cada vez serán más vulnerables al riesgo de inundaciones. La subida del nivel del mar les obligaría a abandonar sus hogares y a mudarse a otra zona. Las islas de poca altitud quedarían completamente sumergidas.

La mayoría de las predicciones afirman que el calentamiento del planeta continuará y probablemente se acelerará. Es probable que el nivel de los océanos siga aumentando, pero es imposible predecir a qué velocidad con exactitud. Las estimaciones más alarmantes, incluida la que afirma que la placa de hielo que cubre Groenlandia podría derretirse por completo, estiman el aumento del nivel del mar en 7 metros, lo suficiente como para sumergir Londres y Los Ángeles.

2.5. ¿CÓMO AFECTA EL HOMBRE A SU CAMBIO?

Ya se expuso con anterioridad que existen dos tipos de acciones que favorecen el cambio del clima, las naturales y las antropogénicas, de las que el hombre es responsable de las segundas.

El hombre empezó a influir verdaderamente en el cambio del clima a finales del siglo XVIII y principios del XIX, cuando surgió la revolución industrial. La quema masiva de combustibles fósiles y la deforestación, son los principales causantes del cambio del clima antropogénico.

La creciente población, y el desarrollo de nuevos países necesitan una mayor demanda de alimentos y de tecnología para satisfacer las necesidades de la población. Lo que está llevando a una cada vez mayor explotación de los recursos naturales, los cuales se están viendo seriamente afectados y agotándose, y la necesidad de enfocar ese auge de otra manera para no sobreexplotarlos.

El mundo ya se ha dado cuenta, y ha pedido a sus líderes soluciones. Esto es reflejado en la cumbre por el clima de París el pasado diciembre de 2015, en el que a través de la frase de Ban Ki Moon, secretario general de las Naciones Unidas, decía: "Hemos batido un récord en esta sala con el número de firmantes", refleja el hecho de que el cambio climático es un hecho para todos y un problema a resolver conjuntamente.

Y es que más de 170 países firmaron tal acuerdo, por el que todos y cada uno de los países se comprometen a ayudarse mutuamente a enfocar el desarrollo sin comprometer seriamente la salud del medioambiente. Cuyos objetivos globales son implementar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y evitar que la temperatura global no ascienda más de 2°C.



Capítulo 3

Emisiones de CO₂ y situación actual de la Unión Europea

3.1. Introducción

3.2. Emisiones de la Unión Europea

3.3. Análisis sectorial

3.4. Sumideros de carbono

3.5. Conclusiones y acciones para el futuro

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo profundizaremos aún más en los denominados gases de efecto invernadero, en especial el más influyente de todos, el CO₂.

Al igual que el capítulo anterior, gran parte de la información mostrada, ha sido recopilada de diferentes fuentes, junto con aportaciones personales (Véase el capítulo 7, Principales fuentes bibliográficas). Por ello no existen muchas referencias bibliográficas dentro del capítulo.

El incremento de estos gases en la atmosfera fue iniciado con la revolución industrial a finales del siglo XVIII. Son generados por la actividad humana, quema de combustibles fósiles, deforestación y cambio y uso de la tierra.

Los primeros signos de cambios en la conciencia de las poblaciones humanas, se dieron crearse La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). La cual fue adoptada en New York en mayo de 1992 y entró en vigor dos años más tarde. Pretendía, entre otras cosas, reforzar la conciencia pública, a escala mundial, de los problemas relacionados con el cambio climático.

Una de las convecciones más importantes fue, la III Sesión de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Celebrada en Kioto, en 1997, donde se agrupó a representantes de 125 países. El documento elaborado, conocido como Protocolo de Kioto, comprometió a los países que lo ratificaron para lograr reducir las emisiones de los seis gases catalogados como causantes del efecto invernadero.

Existen muchos gases en la atmosfera que generan este efecto, pero no todos inciden de la misma forma en el calentamiento de la atmosfera debido a que tienen concentraciones distintas y tienen una capacidad diferente de absorber la radiación terrestre. La llamada cesta del Protocolo de Kioto incluyó seis gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Dicho protocolo, entraba en vigor en 2002, fecha límite en la cual los países deberían aplicar el reglamento. Años más tarde se vio que fue no un éxito como se esperaba. Ya que los cambios y esfuerzos de los países, no estaban dando los resultados esperados, además, había países que incumplían las limitaciones de emisiones, y los problemas medioambientales se agravaban más.

En particular los países europeos, emitieron estos porcentajes respecto a lo que firmaron en el protocolo.

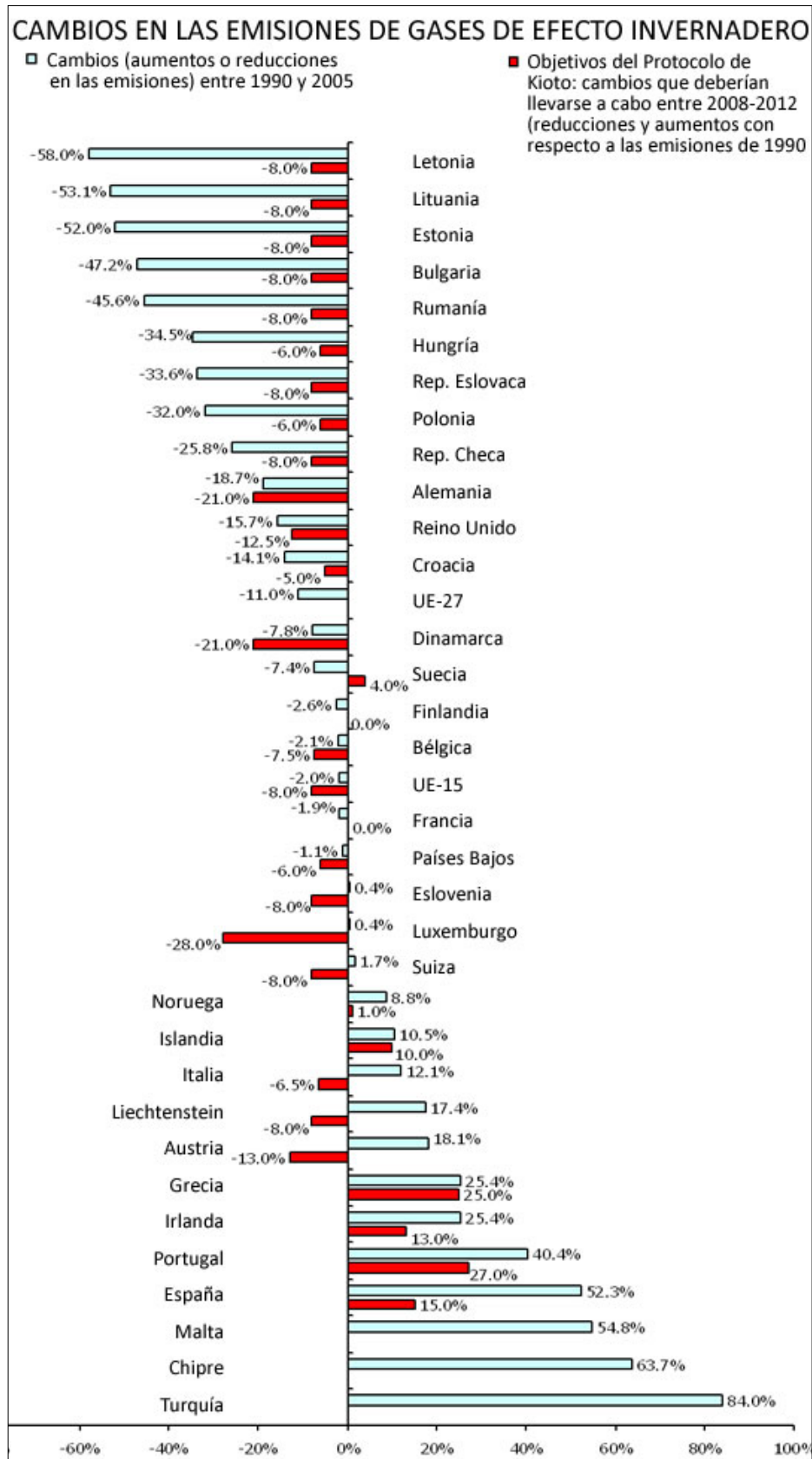


Figura 3.1. Cambios en las emisiones de los GEI en los Estados Miembros de la Unión Europea. Fuente: Eurostat.

Donde la gran mayoría cumplieron las expectativas, pero otros tantos no. Debido, entre otras cosas, que eran países en pleno crecimiento económico-industrial.

En términos generales, Europa cumplió las expectativas de reducción de gases causantes de efecto invernadero.

Tras el progresivo y en auge cambio climático. Y al ver que todo conducía a una situación incontrolable. El pasado diciembre se celebró la XXI Sesión de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Celebrada en Paris, en 2015.

La cual, fue un éxito, según palabras de su secretario general Ban Ki-Moon. Ya que más de 170 países firmaron tal acuerdo, por el que se comprometen a mitigar conjuntamente las emisiones de GEI a la atmósfera, así como crear un fondo monetario para promover políticas ecológicas y apostar por tecnologías más limpias, creando comisiones reguladoras para ratificar y validar tales cambios a través de la generación de informes los cuales han de ser favorables por parte de los países implicados. Así como ayudar tecnología y económicamente, a países menos desarrollados, a que desarrollen un crecimiento sostenible con el medio ambiente.

3.2. EMISIONES EN LA UNION EUROPEA

En el siguiente punto, nos centraremos en el estado actual y pasado de la Unión Europea. La cual, actualmente consta de 28 Estados miembros.

La incorporación de Croacia, en 2013, es un tanto reciente, por lo que no hay muchos datos ni información acerca de su evolución socioeconómica como miembro de la UE. Por tanto, en las líneas siguientes se hablará mayoritariamente de la Unión europea de los 27, siendo desagregada a veces en la UE de los 15 (los 15 miembros más antiguos) por un lado, y por otro la UE de los 12, los 12 países que se incorporaron a posteriori.

La Unión Europea, a nivel de unidad, está cumpliendo los plazos de reducciones de gases de efecto invernadero (GEI) impuestas en el protocolo de Kioto para 2020.

En 2010, las emisiones totales de GEI de la UE, sin tener en cuenta las emisiones y eliminaciones derivadas del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (LULUCF), fueron inferiores en un 15% respecto niveles de 1990. Respecto a 2009 aumentaron en un 2,4%, pero esto es debido a la recesión económica sufrida, aun así, las emisiones de GEI siguen a la baja desde 2004. [7]

En 2011, las emisiones de la UE-27 fueron, aproximadamente, un 18 % inferiores al nivel registrado en 1990.

Aunque la economía ha crecido considerablemente, las emisiones han ido disminuyendo en la Unión europea, tanto en la UE-27 como en la UE-15, lo que indica que la disociación entre el crecimiento económico y las emisiones de GEI ha progresado de manera constante desde 1990.

El paquete de medidas sobre clima y energía, adoptado en 2009, ofrece un conjunto integrado y ambicioso de políticas y medidas para hacer frente al cambio climático. El esfuerzo total de la Unión para reducir en un 20% las emisiones de GEI antes de 2020, respecto al nivel de 1990, se repartirá entre los sectores incluidos en el RCDE UE y los que no lo están.

El Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de La Unión Europea (RCDE-UE) es el mayor sistema de topes y comercio en el mundo. El RCDE regula alrededor de la mitad de las emisiones de CO₂ de la UE.

Cada Estado Miembro tiene un Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión que especifica una cesta de emisiones de gases de efecto invernadero para centrales eléctricas individuales y otras fuentes puntuales importantes. Cada establecimiento tiene una cantidad de "derechos" o permisos de emisión para un periodo particular. Para cumplir con el plan, cada instalación puede tanto reducir sus emisiones o comprar derechos de establecimientos con un exceso de permisos. [7]

La figura que se expone a continuación, figura 3.2, muestra el esfuerzo necesario en la reducción de emisiones de GEI frente a la hipótesis de una evolución sin cambios de aquí a 2020 para la UE.

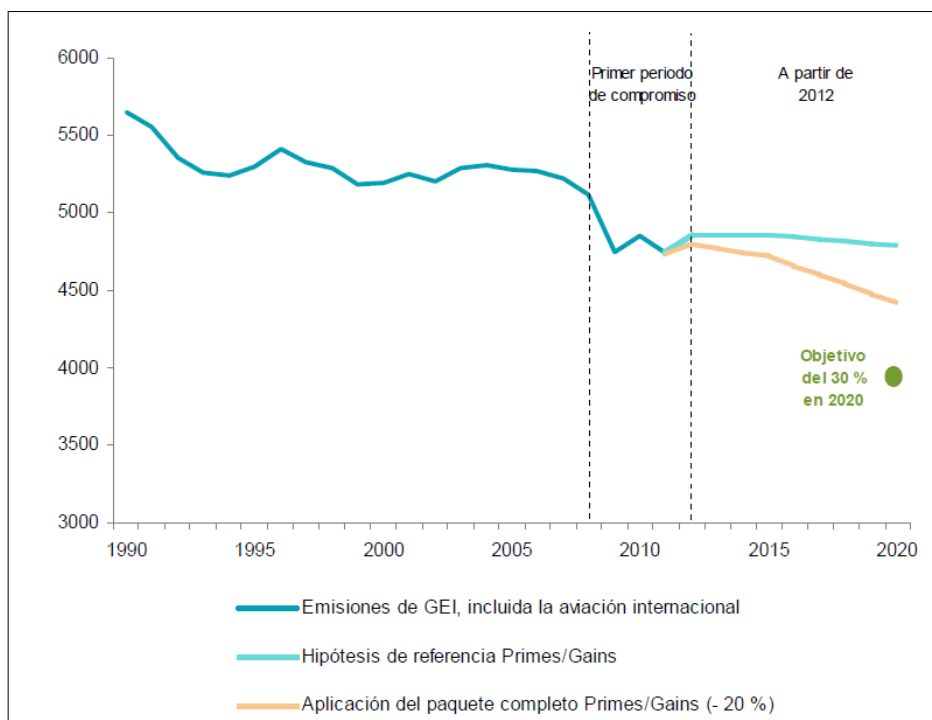


Figura 3.2. Emisiones efectivas y previstas (Mt CO₂ eq) de la UE.
Fuente: Comisión Europea. AEME [7].

La UE debería alcanzar colectivamente su objetivo de 2020. Sin embargo, solo trece Estados miembros cumplirán sus compromisos de 2020 con las políticas ya establecidas, y otros ocho Estados miembros podrían alcanzarlos cuando las políticas y medidas complementarias ofrezcan los resultados esperados. Los seis Estados miembros restantes deben diseñar políticas complementarias a fin de alcanzar sus objetivos y/o recurrir al margen de maniobra que ofrece el paquete de medidas sobre clima y energía.

Analizando los porcentajes de emisiones de cada Estado Miembro, en líneas generales y a fecha de 2010 según AEME, los dos mayores emisores de GEI, determinan la evolución de las emisiones de la UE. **Alemania** y el **Reino Unido**, les corresponde aproximadamente una tercera parte del total de las emisiones de la UE-27. Esos dos Estados miembros lograron reducir sus emisiones totales de GEI en 483 millones de toneladas equivalentes de CO₂ respecto a 1990.

Francia e **Italia** ocuparon el tercero y cuarto lugar entre los principales países emisores, con un 11,1 % y un 10,6 %, respectivamente, del total de emisiones de la UE. Francia redujo las emisiones en un 6,6 % e Italia se situaron un 3,5 % por debajo de los niveles de 1990. **Polonia** y **España** ocupan el quinto y sexto lugar, con un 8,5 % y un 7,5 %, respectivamente. En el caso de Polonia, las emisiones de GEI registraron un descenso del 28,9 % desde el año de

referencia, que es 1988 en el caso de este país. Mientras que España se registraron un aumento del 22,8%.

En 2010, seis Estados miembros registraron emisiones de GEI superiores a las del año de referencia (en general 1990), mientras que las emisiones de los otros diecinueve Estados miembros fueron inferiores a los niveles de referencia. Las variaciones porcentuales de las emisiones de GEI desde el año de referencia hasta 2010 oscilan entre el -56 % (Rumanía) y el +23 % (España). Chipre y Malta no tienen compromisos de reducción de sus emisiones.

Mientras que en los últimos años las emisiones de GEI han estado disminuyendo tanto en la UE-27 como en la UE-15, la economía, sin embargo, ha crecido de forma significativa. Esto se ve reflejado en el siguiente gráfico:

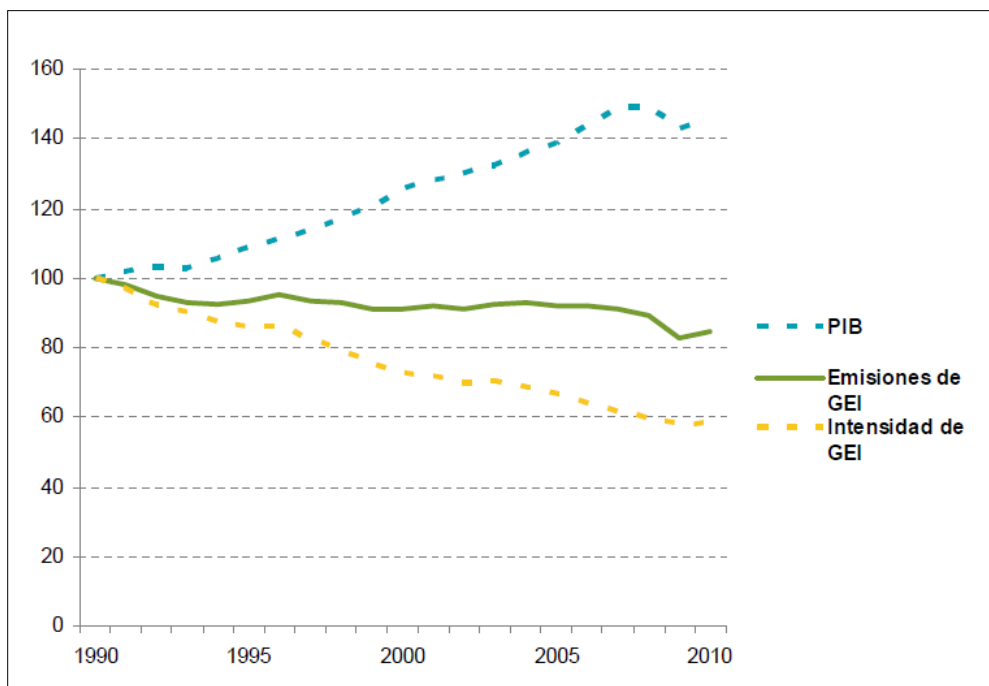


Figura 3.3. Evolución del PIB, de las emisiones de GEI y de la intensidad de las emisiones. Índice 1990=100%. **Fuente:** AEME, Ameco, Eurostat.

Siendo la intensidad de emisiones, la relación entre las emisiones de GEI y el PIB.

Entre 1990 y 2010, el PIB de la UE-27 creció un 46 %, mientras que las emisiones disminuyeron un 15 %. La intensidad de GEI disminuyó en todos los estados miembros.

En 2010, las emisiones per cápita de la UE-27 ascendieron a 9,4 toneladas equivalentes de CO₂. Las emisiones per cápita se redujeron en 2,4 toneladas equivalentes de CO₂, lo que supone una reducción del 21 % en relación con 1990. No obstante, las emisiones de GEI per cápita en 2010 siguen presentando diferencias significativas según los Estados miembros, comprendidas entre 5,4 toneladas equivalentes de CO₂ per cápita (Letonia) y 24,1 (Luxemburgo). Esas diferencias vienen determinadas, en gran medida, por la intensidad energética y la combinación de energías de cada país. Asimismo, las tendencias respecto a las emisiones per cápita varían mucho de un Estado miembro a otro. Desde 1990, las reducciones per cápita más importantes se han registrado en Estados miembros de Europa Central y Oriental.

Pero estos mismos datos de 2010, comparados con los obtenidos en el año 2009, son muy diferentes. Ello es debido a la recesión económica sufrida en dicho año.

Así pues, las emisiones de GEI aumentaron un 2,4%, como consecuencia de la recuperación del crecimiento económico y a un invierno más frío de lo habitual.

Entre los sectores industriales, el aumento acumulado más importante se debió a las industrias manufactureras y a la construcción (incluidas las emisiones de proceso de la siderurgia), así como a la producción pública de calor y electricidad. El sector que más contribuyó al aumento de las emisiones de la UE en 2010 fue, sin embargo, el «residencial y comercial». El motivo principal del aumento de 43 millones de toneladas de emisiones fue el frío invierno de 2010, que provocó un aumento de la demanda de calefacción, especialmente de las viviendas. [7]

3.3. ANÁLISIS SECTORIAL

Desglosando por sectores, las emisiones de GEI a la atmósfera por parte de la Unión Europea, vemos en el gráfico de abajo, que el suministro y el consumo de energía, incluido el transporte, son los sectores más importantes, ya que representaron un 78 % de las emisiones totales. La agricultura es responsable del 10 % de las emisiones totales de GEI; los procesos industriales, del 7 %; y los residuos, del 3 %. Desde 1990, las disminuciones observadas en energía, agricultura, procesos industriales y residuos han quedado contrarrestadas parcialmente por aumentos significativos en el sector del transporte. No obstante, las emisiones totales del transporte también han ido disminuyendo desde 2007.

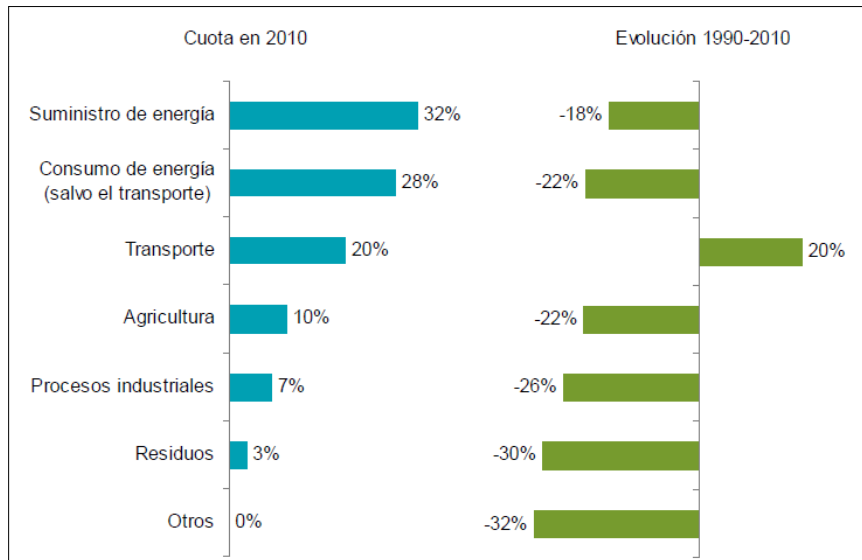


Figura 3.4. Variación de las emisiones de GEI de la UE por sectores y proporción de los distintos sectores en las emisiones totales. **Fuente:** inventarios UE de 2012.

Desde que comenzó la revolución industrial, la combustión de productos orgánicos (incluidos derivados del petróleo), sumado a la deforestación causada por la actividad humana han incrementado en gran medida el nivel de concentración de CO₂ en la atmósfera.

Casi todas las emisiones de CO₂ provienen de los combustibles fósiles, como vemos en la figura 3.6, son alrededor de un 96,5%. Los 3 tipos de combustibles fósiles más utilizados son el carbón, el gas natural y el petróleo. Al producirse la combustión de los combustibles fósiles, el carbón contenido es devuelto casi por completo como CO₂.

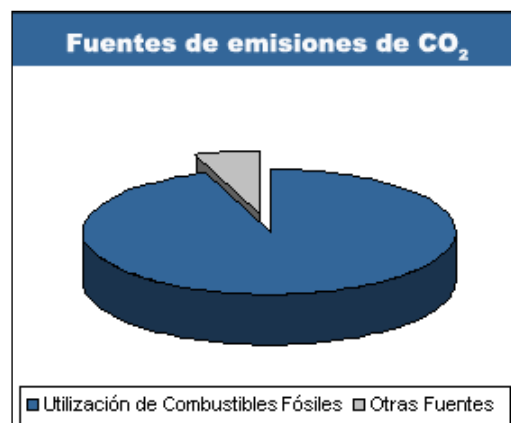


Figura 3.5. Fuentes emisoras de CO₂. **Fuente:** Inventario de EE.UU. emisiones de gases invernadero y los sumideros, EPA.

Los 3 principales sectores que utilizan combustibles fósiles son el transporte, los servicios públicos y la producción industrial.

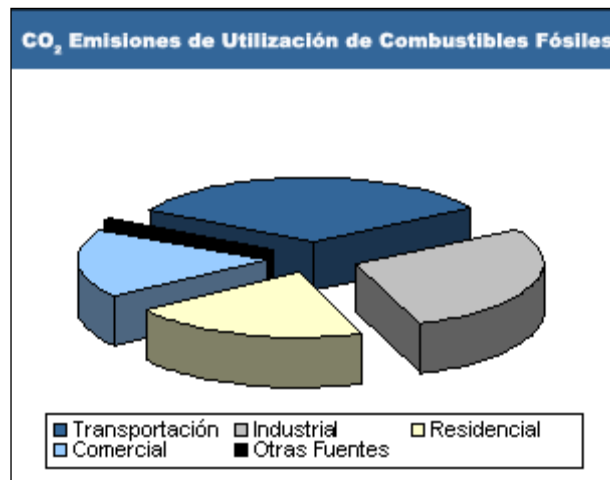


Figura 3.6. Procedencia de las emisiones de CO₂. **Fuente:** Inventario de EE.UU. emisiones de gases invernadero y los sumideros, EPA.

El **transporte** de productos y pasajeros es la fuente más importante de emisiones de CO₂ a nivel mundial.

Estas emisiones se dividen a su vez en dos subcategorías, emisiones directas e indirectas. Las primeras se caracterizan por ser emisiones causadas por el transporte de personas, las cuales eligen donde ir y que medio de transporte utilizar. En cambio, las emisiones indirectas, son consecuencia de transportar productos en la que el consumidor no tiene el control sobre su transporte ni procedencia.

Las distancias entre el productor y el consumidor siguen en aumento generando mayor presión sobre la industria del transporte para agilizar las entregas. Es así como las emisiones indirectas van en incremento. El problema es que el 99% de la energía utilizada para transportar pasajeros y productos alrededor del mundo proviene de combustibles fósiles.

La figura 3.7 nos indica una de las tendencias más alarmantes de la economía moderna. Las emisiones de CO₂ por parte del transporte de productos y pasajeros son tan elevadas, que sobrepasan el conjunto de emisiones de la industria. Esta tendencia comenzó en los noventa y desde entonces continúan incrementándose las emisiones indirectas.

El problema está con las emisiones indirectas, ya que las directas mantienen una tendencia más o menos estable. En cambio, los productos manufacturados recorren grandes distancias.

En particular en Europa, se ha visto incrementado en gran medida la producción de productos y su posterior traslado desde Asia, lo que genera un

valor añadido al producto por el necesario transporte hasta su consumo. Además de generar un cambio en los resultados de las emisiones de CO₂ de los países, viéndose reducida en Europa y aumentada en Asia.

Otro gran sector que utiliza combustibles fósiles, es el sector **servicios públicos** (electricidad, gas, aceite, etc.).

Dependiendo de la combinación energética utilizada por tu compañía local, puedes descubrir que la electricidad que consumes en tu casa y en el trabajo tiene un gran impacto en el efecto invernadero. Todos los países industrializados (con la excepción de Francia y Canadá) obtienen gran parte (entre el 60% y 80%) de su electricidad a partir de la combustión de los combustibles fósiles. A continuación, se puede observar una tabla que incluye los países del G8. [1]

Energía Eléctrica Producida por la Utilización de Combustibles Fósiles			
(Billones de Kilovatio-hora)			
Naciones del G8	Utilización de Combustibles Fósiles	Total	%
Alemania	354.78	561.57	63.2%
Canadá	154.55	569.41	27.1%
Estados Unidos	2,758.65	3,891.72	70.9%
Francia	52.23	535.45	9.8%
Italia	223.16	268.18	83.2%
Japón	640.17	982.76	65.1%
Reino Unido	278.21	373.26	74.5%
Rusia	569.72	869.07	65.6%

Figura 3.7. Cantidad y porcentaje de la energía eléctrica producida a través de combustibles fósiles de los países de G8. **Fuente:** Base de Datos Internacional de la Energía, Administración de Información de Energía.

El tercero de los tres grandes sectores que utilizan combustibles fósiles es la **producción industrial**. Procesos industriales y manufactureros se combinan para producir todo tipo de gases de efecto invernadero, en particular grandes cantidades de CO₂. Las razones son dos, en primer lugar, muchas compañías manufactureras usan directamente combustible fósil para obtener el calor y vapor necesarios para las diferentes etapas en la línea de producción.

Segundo, al utilizar más electricidad que cualquier otro sector, el nivel de emisiones producidas es mayor.

Al hablar de producción industrial nos referimos principalmente a la manufactura, construcción, producción minera y agricultura. La industria manufacturera es la más relevante de las cuatro y a su vez se puede subdividir en cinco sectores que son: la de papel, comida, refinerías de petróleo, químicos, metal y productos de base mineral. Gran parte de las emisiones producidas de CO₂ por la producción industrial se centran en estas cinco categorías.

3.4. SUMIDEROS DE CARBONO

No todo el CO₂ y demás GEI's producidos, son emitido a la atmosfera, sino que gran parte de ello es "reciclado" por los llamados sumideros.

Los cuales no son otros que cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmosfera uno de estos gases y lo almacena y/o transforma. Este concepto de sumidero, en relación con el cambio climático, fue adoptado en la Convención Marco de Cambio Climático de 1992, en New York.

Los mayores sumideros de CO₂ atmosférico son la biosfera y los océanos. En cuanto a la **biosfera**, la reducción de la masa forestal, reduce la cantidad de CO₂ absorbido por estos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), las emisiones por la degradación de los bosques han aumentado significativamente entre 1990 y 2015, pasando de 0,4 a 1,0 Gt de CO₂ al año.

Otro problema se genera cuando tras su tala y eliminación, ese carbono que fue atrapado por las masas forestales, es liberado de nuevo a la atmosfera.

En cambio, en los **océanos**, ese aumento de CO₂, genera un problema de otro tipo, un problema de supervivencia de especies animales. El CO₂ se disuelve en el agua, a través de una serie de reacciones químicas, descendiendo el pH del océano, es decir, se acidifica, y genera una reducción de calcificación en los océanos.

Muchos organismos calcáreos como los crustáceos, equinodermos, moluscos y corales; necesitan de esta calcita y aragonito (polimorfos del carbonato cálcico) para construir sus exoesqueletos y cubiertas celulares. Estos elementos químicos se están viendo reducida su concentración y por tanto haciendo más difícil la existencia de estas especies, las cuales son en gran medida la base de la cadena trófica de los océanos.

En el ámbito del Protocolo de Kioto, la definición se limita a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en una captura del CO₂ presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO₂ contribuye a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero de la atmósfera, por lo tanto, a mitigar el cambio climático.

En el caso de bosques o masas forestales, ante la imposibilidad de calcular el contenido de carbono árbol a árbol, se realizan estimaciones dependiendo del volumen maderable por hectárea, y de la superficie ocupada por cada especie presente en dicha masa forestal. A esto habrá que añadir el carbono de los otros tres reservorios (suelo, madera muerta y hojarasca), que se estima de manera similar.

En el caso de otros ecosistemas como, por ejemplo, pastizales y cultivos, el carbono almacenado en la parte aérea de la vegetación es muy bajo (excepto en los cultivos leñosos). Además, en muchos casos la producción se retira anualmente (cosecha de cultivos y siega de los pastos), por lo que el reservorio más importante en estos casos es el suelo.

Para la estimación del carbono almacenado en suelos agrícolas y en pastizales se utilizan unos índices estimativos por hectárea, que dependen del clima, la actividad agrícola o pastoral que se realice y la especie plantada, entre otros factores, y que, multiplicados por el número de hectáreas sometidas a determinadas condiciones de los factores mencionados, nos darán el contenido de carbono del suelo.

El CO₂ absorbido de la atmósfera se almacena en forma de carbono (C) formando parte de la materia orgánica de las plantas.

Centrándonos en la Unión Europea, además de las políticas y medidas centradas en las diferentes fuentes de emisión de GEI, los Estados miembros pueden recurrir estos denominados sumideros de carbono.

La información aportada hasta ahora indica que, según un informe de la comisión al parlamento europeo, durante el período de 2015-2020, la captura neta total derivada de las actividades de forestación y reforestación previstas rondará los 14,8 Mt CO₂ anuales para la UE-15. Además, se prevé que el recurso a las actividades complementarias, contribuya con 30,6 millones de toneladas de CO₂ equivalente cada año del período de compromiso en la UE-15. Teniendo en cuenta las contribuciones de la UE-12, la contabilización de tales actividades supondrá 25,8 y 38,4 millones de toneladas de CO₂ equivalente anuales. Conjuntamente se prevé que los Estados miembros de la UE-15 reduzcan sus emisiones en 57,9 millones de toneladas de CO₂ equivalente cada año del período de compromiso, lo que equivale a algo más de un punto porcentual del compromiso de reducción de

la UE-15 del 8 % durante el primer período de compromiso respecto a las emisiones del año de referencia.

3.5. CONCLUSIONES Y ACCIONES PARA EL FUTURO

El paquete de medidas sobre clima y energía tras el protocolo de Kioto, estableció un objetivo de reducción de las emisiones de GEI de un 20 %, que debe alcanzar la UE en 2020, respecto al nivel de 1990, equivalente a -14 % respecto a 2005 [17]. Este esfuerzo se repartirá entre los sectores incluidos en el **Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de La Unión Europea** (RCDE UE) y los que no lo están, reduciendo las de emisiones del 21 % en los sectores incluidos en el RCDE UE antes de 2020 en comparación con el nivel de 2005; y una reducción de un 10 % para los sectores que no están incluidos en el RCDE UE.

Tras el acuerdo de París. A nivel mundial, se propuso un aumento límite máximo de los niveles de temperatura media de 2°C. Para mantener ese aumento por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, mediante una reducción de las emisiones a 40 giga toneladas, o por debajo de 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales. Para ello, se requerirá un esfuerzo de reducción de las emisiones mucho mayor que el que suponen las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional.

Debiendo reforzar los países, la puesta en práctica de sus políticas, estrategias, reglamentos y planes de acción y medidas para hacer frente al cambio climático en lo que respecta tanto a la mitigación como a la adaptación y contribuir así al logro del propósito del Acuerdo.

En el Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PECC), está recogida una evaluación de las políticas y medidas adoptadas por los Estados miembros pone de manifiesto ocho políticas y medidas comunes y coordinadas (PMCC) con las que se han obtenido una reducción significativa de emisiones de GEI en la Unión Europea hasta ahora y se espera que continúe. De las cuales, las reducciones más importantes se derivan del fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. En el sector del transporte, es muy importante la legislación sobre la calidad del combustible y la reducción de las emisiones de CO₂ de los vehículos. Por otra parte, la demanda de energía es reducida mediante la aplicación de las Directivas sobre eficiencia energética de los edificios, requisitos de ecodiseño, fiscalidad de la energía y promoción de la cogeneración (generación combinada de calor y electricidad). Por último, el recurso a los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto realiza reducciones significativas de las emisiones de GEI.

Además de estas ocho políticas y medidas clave, se señalaron otras cinco PMCC, de las que también se espera que permitan realizar importantes reducciones en toda la Unión. Tratan sobre vertido de residuos, las normas de eficiencia de las nuevas calderas de agua caliente, el etiquetado de electrodomésticos, las emisiones industriales, y el programa Motor Challenge, destinado a mejorar la eficiencia energética de los motores eléctricos industriales. De las que alguna de las cuales ya está puesta en marcha, como el etiquetado de electrodomésticos.

Las ocho políticas clave contribuyen en un 92 % a las reducciones totales previstas atribuidas a las PMCC en la Unión europea.

Desde 2012, las emisiones de la aviación están sujetas a un límite máximo en el RCDE UE, lo que supone un cambio que, por sí solo, aumenta la cobertura de las emisiones un 10 % aproximadamente.

En 2012, se revisó el Reglamento sobre subastas de los derechos de emisión. Mediante los cuales, los Estados Miembros tienen unos límites de emisión de GEI, y si estos no son alcanzados ese exceso de derechos pueden ser vendidos a otro miembro que si sobrepase los suyos. Especialmente se revisó lo que respecta al calendario de las subastas con objeto de garantizar el buen funcionamiento del mercado y hacer frente a los desequilibrios entre la oferta y la demanda provocados por la existencia de un excedente de derechos de emisión como consecuencia de la crisis económica.

Se han preparado las medidas de desarrollo de la Decisión de reparto del esfuerzo con objeto de determinar los valores absolutos en relación con los objetivos anuales de emisión de los Estados miembros en el período 2013-2020 y establecer normas para la transferencia de derechos de emisión anuales entre Estados miembros, así como garantizar su transparencia.

La Comisión para este marco financiero plurianual (2014-2020), propuso para la acción por el clima en las políticas de la UE, donde incluyó destinar al menos el 20 % del presupuesto global a medidas relacionadas con el clima. En la política de cohesión, concretamente, además del objetivo temático de reducción de las emisiones de carbono, se ha propuesto un objetivo temático independiente para la adaptación al cambio climático, y se ha incluido un límite mínimo del 20 % para las regiones más desarrolladas y del 6 % para las menos desarrolladas, destinado a medidas que aumenten la eficiencia energética.

En cuanto a las políticas que contribuyen al cumplimiento de los objetivos, está el RCDE UE, el cual es un mecanismo de mercado que abarca más de 12000 instalaciones. Obliga a los Estados miembros a limitar sus emisiones de GEI entre 2013 y 2020 según una trayectoria lineal con objetivos anuales

vinculantes, lo que garantizará un avance progresivo hacia los objetivos acordados para 2020.

Regula las emisiones de GEI en todos los sectores incluidos en el RCDE UE (excepto la aviación y las instalaciones), las actividades LULUCF y la navegación marítima internacional. En los sectores regulados por la DRE, otras políticas complementarias de la Unión van a contribuir a que los Estados miembros alcancen metas tales como los objetivos obligatorios en relación con las energías renovables, las medidas de eficiencia energética, las normas de comportamiento en materia de emisiones de los vehículos ligeros nuevos, la Directiva sobre captura y almacenamiento de carbono, el Reglamento sobre gases fluorados o la Directiva sobre calidad del combustible.

En virtud de la DRE, los Estados miembros serán responsables de aplicar esas políticas y medidas de la Unión en dichos sectores y, en su caso, de definir otras políticas y medidas nacionales para limitar sus emisiones. Se va a implantar un sólido sistema de notificación y control del cumplimiento para seguir la actuación de los Estados miembros y ayudarles a establecer las medidas correctoras que sean necesarias si no cumplen sus objetivos.

Aun con todo esto y según las proyecciones provisionales, como ya dijimos antes, para cumplir los objetivos, se va a necesitar un sobreesfuerzo por parte de los Estados Miembro y adoptar políticas complementarias, para alcanzar en 2020 los objetivos de los sectores no incluidos en el RCDE.

Según como vemos en la figura 3.8, Solo trece Estados miembros van a poder cumplir esos compromisos con las medidas y políticas existentes. Otros ocho Estados miembros podrían alcanzar sus objetivos con las medidas y políticas complementarias previstas. Resulta bastante improbable que seis Estados miembros puedan cumplir sus compromisos.

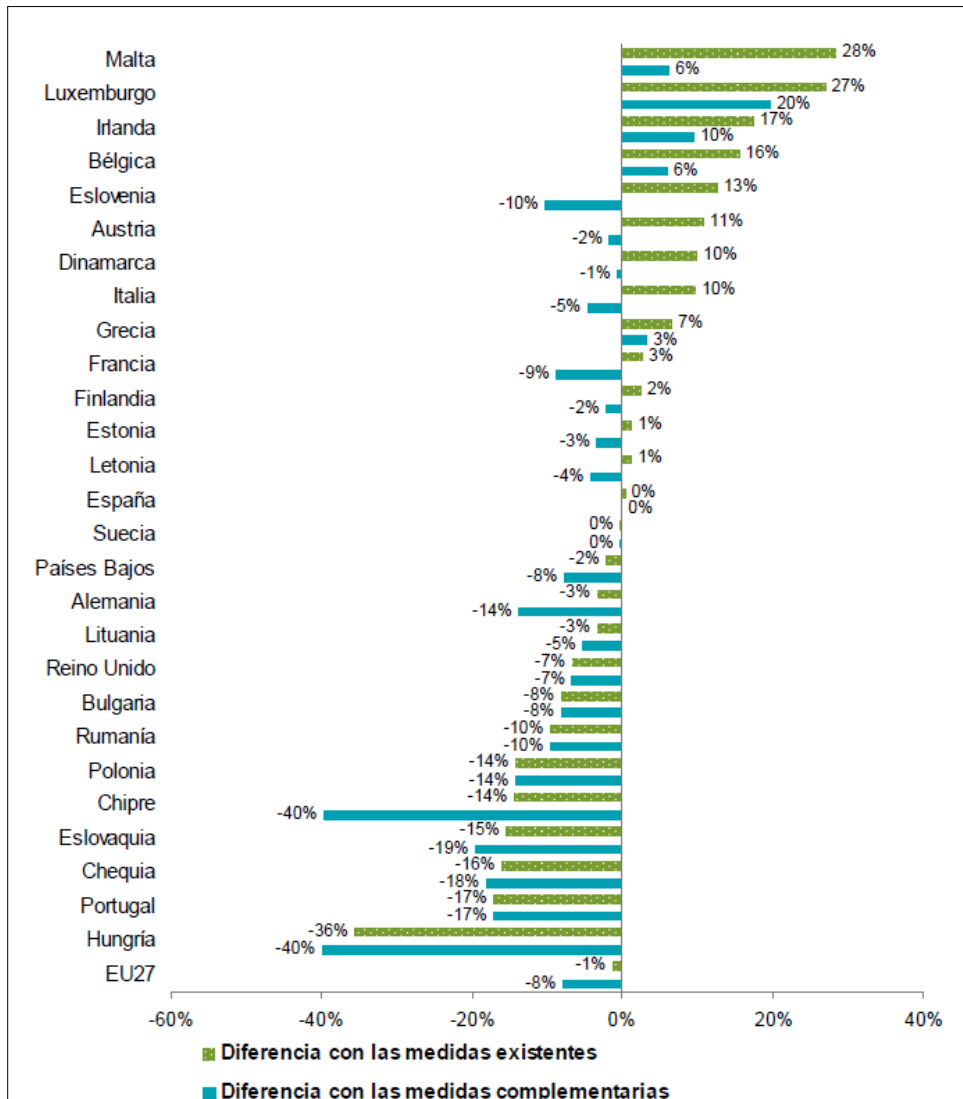


Figura 3.8. Diferencia prevista respecto a los objetivos para 2020 de los sectores no incluidos en el RCDE. Los valores negativos y positivos indican, respectivamente, las diferencias por exceso y por defecto en porcentaje de emisiones de 2005. **Fuente:** AEMA, Comisión Europea.

Notas: Los datos que respaldan este cálculo se basan en las proyecciones de los Estados miembros respecto a las emisiones de los sectores no incluidos en el RCDE para 2020. La evaluación proporcionada en este gráfico debe considerarse indicativa, dadas las diferentes metodologías e hipótesis utilizadas.

No obstante, por lo que respecta a la Unión europea, las estimaciones indican que se alcanzará el objetivo global de los sectores no incluidos en el RCDE.

Para abrir camino hacia el cumplimiento de los objetivos de 2020 y 2050, es fundamental que los Estados miembros no solo velen por el logro oportuno de las reducciones de emisiones derivadas de las políticas y medidas existentes, sino, también, que aceleren el desarrollo y plena aplicación de sus políticas y medidas complementarias.

La reducción de emisiones en las próximas décadas aún puede evitar un cambio climático peligroso a gran escala. No obstante, aunque se consiga mantener el aumento de la temperatura media anual global por debajo de 2°C, las empresas y los ciudadanos europeos se verán afectados por los efectos adversos del cambio climático inevitable y, por tanto, tendrán que adaptarse de una manera que resulte rentable.



Capítulo 4

Identidad de Kaya y su aplicación en la Unión Europea

4.1. Identidad de Kaya

4.1.1. Población

4.1.2. PIB per cápita

4.1.3. Intensidad en energética

4.1.4. Intensidad de carbonización

4.2. Aplicación de Kaya en la Unión Europea

4.2.1. Población en la Unión Europea

4.2.2. PIB per cápita en la Unión Europea

4.2.3. Intensidad energética en la Unión Europea

4.2.4. Intensidad de carbonización en la Unión Europea

4.1. IDENTIDAD DE KAYA

Yoichi Kaya es un economista energético japonés, director general del instituto de investigación innovadora para la tierra.



En su libro publicado en 1993, *Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability*, ideó una fórmula básica, elemental y simple en la que consiguió ligar todos los factores económicos, energéticos y ambientales que influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera terrestre. A esa fórmula, se la conoce como identidad de Kaya.

$$C = \frac{C}{EP} \cdot \frac{EP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POB} \cdot POB$$

Esta expresión matemática se utiliza para describir la relación entre los factores que influyen en las emisiones de gases de efecto invernadero, pudiendo analizarlos y estudiarlos, y así poder actuar sobre ciertos factores exclusivamente para conseguir reducir las emisiones.

Siendo **C** las emisiones totales de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, cuyas unidades se reducen a unidades de CO₂ equivalente. **EP** es la cantidad de energía primaria total simplificada a unidades energéticas equivalentes, toneladas equivalentes de petróleo (toe), julios (J), kilowatios hora (kWh), etc. **PIB** son las siglas del Producto Interior Bruto a precios constantes por volúmenes encadenados de la región a estudiar, y **POB**, la población total de esa región.

Estos cuatro factores que están en el lado derecho de la igualdad son, por orden de izquierda a derecha: **Intensidad de carbonización**, que no es otro que la cantidad de emisiones por unidad de energía primaria usada; **intensidad energética**, es el consumo de energía primaria por unidad de PIB; y por último el **PIB per cápita**, que es una medida de la afluencia de bienes de que disfruta la sociedad; además del factor de la **población**.

Por lo tanto, el nivel energético relacionado con las emisiones de carbono, se puede considerar, el producto de los cuatro componentes de la identidad de Kaya: factor de carbonización, intensidad energética, PIB per cápita y población.

Pero los factores como los que ese explican las emisiones de CO₂ son debidos a procesos de transformación del sector energético, la estructura de combustibles finales por parte de los distintos sectores productivos y el consumo energético final de los mismos. Por ello la expresión de Identidad de Kaya se reescribe como la siguiente:

$$C = \frac{C}{EFS} \cdot \frac{EFS}{EP} \cdot \frac{EP}{EF} \cdot \frac{EF}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POB} \cdot POB$$

En ella se han introducido dos nuevas variables de energía: *EFS* representa la energía fósil, del cual, en última instancia dependen las emisiones de CO₂, y *EF* que constituye la energía final consumida.

Con los nuevos factores expuestos, *C/EFS* es un indicador genuino de carbonización, indica las variaciones de las emisiones en relación con la energía fósil consumida, por lo tanto, este factor recoge las variaciones en la composición de los combustibles fósiles, y en cierta medida es lo lógico, pues las emisiones de CO₂ provienen de la quema de combustibles fósiles. Otro de los nuevos factores es *EFS/EP*, muestra el impacto de las energías fósiles en la energía primaria total. Por tanto, desde la perspectiva del tipo de energía utilizada, las emisiones dependen tanto del tipo de fuentes fósiles utilizadas como de su intensidad de uso.

La intensidad energética es factor agregado que depende de importantes componentes, tales como los hábitos de consumo, la eficiencia en la transformación, la estructura productiva y en el uso de la energía final, entre otros. Para nuestro estudio, nos interesa descomponer este factor en dos: *EP/EF*, que no es otro que la cantidad de energía primaria por unidad de energía final utilizada en el conjunto de la economía, el cual, es un indicador agregado de la eficiencia del cambio tecnológico en el sector energético. Y las necesidades de energía final por unidad de producto, *EF/PIB*.

Hubiera sido interesante ver los futuros escenarios de esta última ecuación más desagregada, pero en este estudio no se ha llegado a ello ni profundizado tanto, sino que se ha utilizado la ecuación primera en la que solo existen cuatro factores. En cualquier caso, he querido hacer mención a esta segunda ecuación para mostrar que se puede profundizar más en el tema.

Estudiando la ecuación expuesta al principio de capítulo, y viendo la evolución que va teniendo cada factor, no podemos obviar dos hechos existentes a cerca de dos variables. La población, a pesar de que, según Naciones Unidas, en la actualidad ya se está generando un descenso de la tasa de fertilidad mundial, la población mundial seguirá creciendo en los próximos 40 años, posteriormente se estabilizará en respuesta a una mejora generalizada de las condiciones de vida, en especial en países en desarrollo.

“De las elecciones que hagan las generaciones que actualmente se encuentran en edades comprendidas entre los 15 y 24 años sobre su estructura familiar dependerá el que el planeta Tierra albergue 8,9 u 11 billones de personas en el 2050”. Fondo de Población de las Naciones Unidas, 1999.

El otro hecho que no podemos obviar, es que el paradigma socioeconómico existente afirma que el PIB mundial per cápita puede y debe seguir creciendo indefinidamente.

Por lo tanto, debido a estos dos condicionantes, la comunidad internacional llega a la conclusión que para poder frenar el cambio climático y mitigar las emisiones de GEI's, los esfuerzos han de centrarse en la segunda parte de la ecuación de Kaya, tratando de reducir la intensidad energética y de carbono.

A continuación, se explicará breve e introductoramente cada uno de los diferentes factores de los que consta la ecuación.

4.1.1. POBLACIÓN

Este puede ser considerado la variable más determinante de las cuatro, ya que los demás factores dependen indirectamente del crecimiento y desarrollo de la población de una región.

El incipiente crecimiento de la población, en especial en regiones en pleno desarrollo, nos ha lleva a aumentar en mil millones en los últimos 12 años, siendo actualmente la población mundial 7.400 millones de personas. Para hacernos una idea de esta magnitud de crecimiento, en África subsahariana, la población crece a un ritmo tres veces más rápido que Europa occidental.

Según la Universidad de Sheffield (Inglaterra) [16], se estima que en 2050 la población humana de la tierra será de 9.070 millones. De los cuales el 62%, vivirá en África y el Sureste asiático, esto se ve reflejado en la figura 4.2. Numéricamente esto es equivalente a que toda la población actual viviese solo en las regiones anteriormente mencionadas. Además, otros 3.000 millones de personas estarán dispersas a lo largo y ancho del planeta.

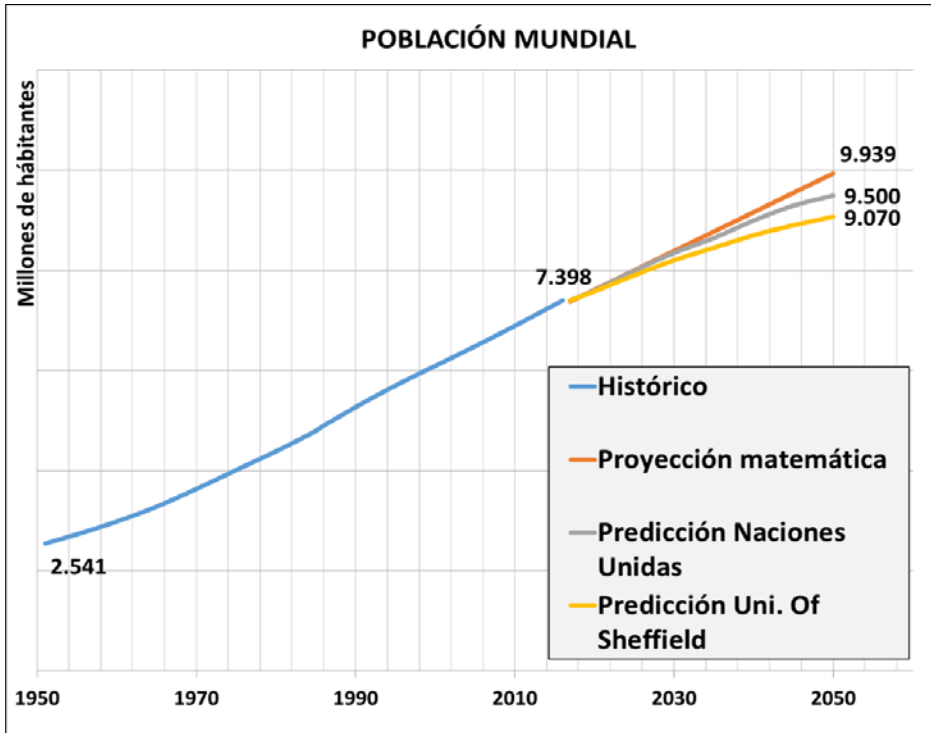


Figura 4.1. Evolución demográfica mundial. **Fuente:** elaboración propia. Datos: Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población y Universidad de Sheffield (Inglaterra) [16].

Datos de la ONU reflejan, que los países más industrializados y con sociedades más avanzadas están empezando a estancarse poblacionalmente, estabilizando sus poblaciones, en cambio países en pleno auge económico están creciendo exponencialmente las mismas. Es el caso de los países del este asiático.

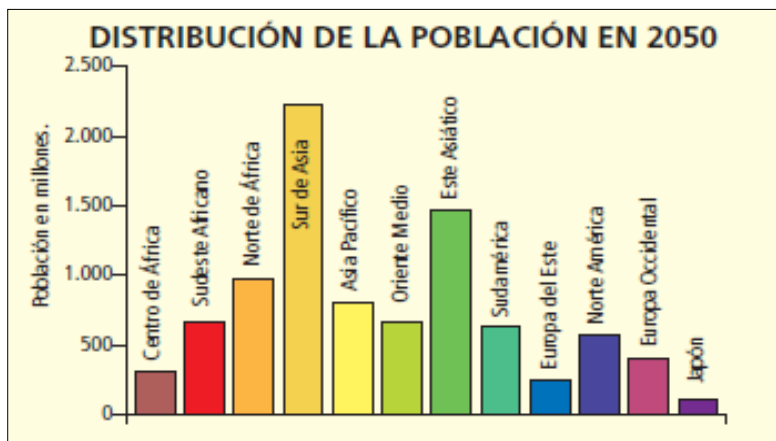


Figura 4.2. Distribución predicha para la población mundial estimada para el año 2050. **Fuente:** SASI group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan) [16].

4.1.2. PIB PER CÁPITA

Este factor, es la relación existente entre el Producto Interior Bruto de un país con la población total del mismo. Cuyo factor resulta de dividir la suma de todos los bienes y servicios finales producidos por un país en un año (PIB) entre la población estimada media de ese mismo año.

Este indicador es usado para determinar la riqueza económica de un país.

Existen numerosas evidencias que afirman la correlación positiva del PIB per cápita con la calidad de vida de los habitantes del país.

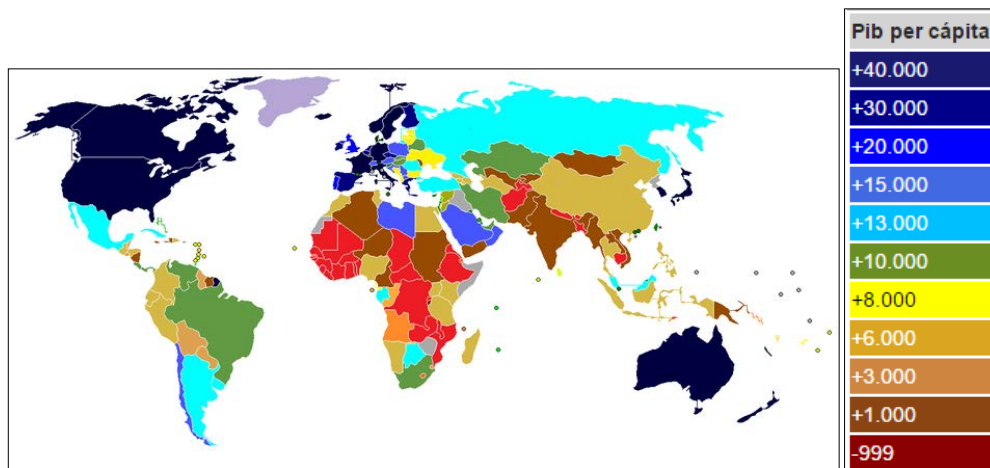


Figura 4.3. Mapa de países por PIB per cápita en 2012. **Fuente:** Banco Mundial.

La figura anterior muestra el estado de todos los países donde se refleja las regiones más poderosas económicamente, Europa occidental y EEUU principalmente, así como también, las más pobres, sobre todo África subtropical.

El PIB per cápita PPA (paridad de poder adquisitivo) da una idea más exacta, si se quiere comparar la riqueza que la economía de distintos países genera por habitante, pues la renta generada por cada ciudadano sólo puede apreciarse plenamente en relación a los bienes y servicios que pueden obtenerse a cambio de la misma.

4.1.3. INTENSIDAD ENERGÉTICA

La intensidad energética, es una forma habitual de medir la eficiencia energética. Con este indicador se es capaz de visualizar la relación entre el consumo energético y el volumen de actividad económica. Calculándose el mismo como un cociente entre el consumo energético y el producto interior bruto (PIB), ambos para la misma región y mismo periodo de tiempo.

Para el cálculo de las intensidades, se requiere contar con un balance de energía que nos indique el uso final de la misma, a qué sectores de la economía se dirige y cuáles son los patrones de consumo. También se requieren los indicadores económicos -sociales-regionales.

Este cociente es interpretado como: para producir 1 unidad de riqueza, necesito X unidades de energía.

Si este número resulta elevado, refleja un coste alto en la conversión de energía en riqueza, en la que se consume gran cantidad de energía para obtener un pobre PIB. En cambio, si el valor de la intensidad energética es bajo muestra una mejor transformación de energía en PIB.

Esta reducción de intensidad energética, es un objetivo prioritario para cualquier economía de un país, siempre que esto no afecte negativamente al volumen de su actividad.

4.1.4. INTENSIDAD DE CARBONIZACIÓN

A través de este factor somos capaces de reflejar cuanto CO₂ equivalente emitimos a la atmosfera (han de descontarse los sumideros) por cada unidad de energía producida. Por tanto, con ello podemos vincular los cambios producidos en las emisiones de CO₂ equivalente con los cambios en el uso y producción de la energía que usamos.

Estas emisiones varían en función de la fuente de energía utilizada. La mayor fuente de emisiones es producida por el uso de carbón como combustible, seguido del petróleo y del gas natural. Las demás fuentes de energía, como la energía nuclear y las renovables (eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, etc.), a diferencia de lo que se cree, si emiten dióxido de carbono. En el propio proceso de generación de energía no emite, pero si todo el proceso de construcción de las centrales, su mantenimiento y desmantelación, así como también en el caso de las centrales nucleares, el combustible utilizado, Uranio (también plutonio), ha de ser extraído de las minas, enriquecido y transportado hasta las centrales; lo que genera grandes cantidades de gases de efecto invernadero.

A lo largo del tiempo la demanda de energía para su consumo, se ha visto incrementada a medida que la población crecía. A la vez que disminuían los yacimientos de los combustibles fósiles y de uranio. La tendencia en estos últimos años es que ese consumo siga esta línea ascendente a la par que los recursos fósiles descendente, por lo que se está intentando sustituir progresivamente la utilización de carbón para la producción de energía eléctrica, por otras alternativas que no emitan tanto CO₂ a la atmósfera o estén libres de hacerlo; como por ejemplo el gas natural, o las energías renovables.

En especial hay países que están apostando fuertemente por el uso de energías renovables, o haciendo pequeños avances para conseguirlo: como Costa Rica, Suecia, Dinamarca o Portugal.

En el caso del país de Centroamérica, uno de los pioneros en energía verde, tiene el objetivo de pasar un año entero sin consumir combustibles fósiles. Y no está tan lejos de conseguirlo. El año pasado las energías renovables representaron el 99% de su electricidad, pasando 285 días impulsado abasteciéndose únicamente de las mismas. [9]

Otro ejemplo son ciertos países europeos, como por ejemplo Suecia, que representa más de la mitad de energías renovables del continente. En 2015, el primer ministro de Suecia anunció que están trabajando para convertirse en "uno de los estados primeros estados del mundo libre de combustibles fósiles".

En 2015, los parques eólicos de Dinamarca suministraron el 140% de la demanda. Por su parte, este año Portugal alcanzó un hito significativo al funcionar durante 107 horas sin el uso de combustibles fósiles.

4.2. APLICACIÓN DE KAYA EN LA UNIÓN EUROPEA

Este estudio está enfocado en estimar las emisiones de CO₂ en la Unión Europea para el año 2050 mediante la identidad de Kaya.

Antes de entrar en detalles sobre los factores de la identidad de Kaya, se han de exponer y explicar quiénes son los estados miembros y forman parte de la Unión Europea.

La Unión Europea actualmente cuenta con 28 Estados miembros. Tras su fundación en 1957 por los estados de Alemania, Bélgica, Francia, Italia, Luxemburgo y Países Bajos. Se han ido uniendo más y más estados, en 1973 se unieron Dinamarca, Irlanda y U.K., en 1981 Grecia, en 1986 España y Portugal y en 1995 Austria, Finlandia y Suecia. Hasta aquí, todos estos Estados miembros componen lo que se conoce como la Europa de los 15.

Posteriormente en el año 2004, se unieron diez países más: Chipre, Eslovaquia, Estonia, Eslovenia, Hungría, Letonia, Lituania, Polonia, Malta y R. Checa. En 2007 Rumania y Bulgaria, y el último fue en 2013, Croacia. Todos estos últimos países en incorporarse a la Unión Europea, se los conoce como la Europa de los 12. Y en su conjunto la Europa de los 28.

4.2.1. LA POBACION EN LA UNIÓN EUROPEA

El pasado año 2015, la población de la unión europea (incluidos sus 28 miembros) fue de 508.450.856 habitantes según la Oficina Europea de Estadística (Eurostat). Y cuya previsión, según la misma fuente, si todo sigue la misma tendencia y sin prever cambios drásticos en las políticas de los estados miembros ni ningún suceso histórico, se estima en 525.527.890 habitantes.

Desde el 2010, la población ha aumentado en un 1,05%, aumentando a un ritmo entre 0,2% y 0,4% antes de la crisis económica de 2008, y entre un 0,2% y 0,3% posteriormente.

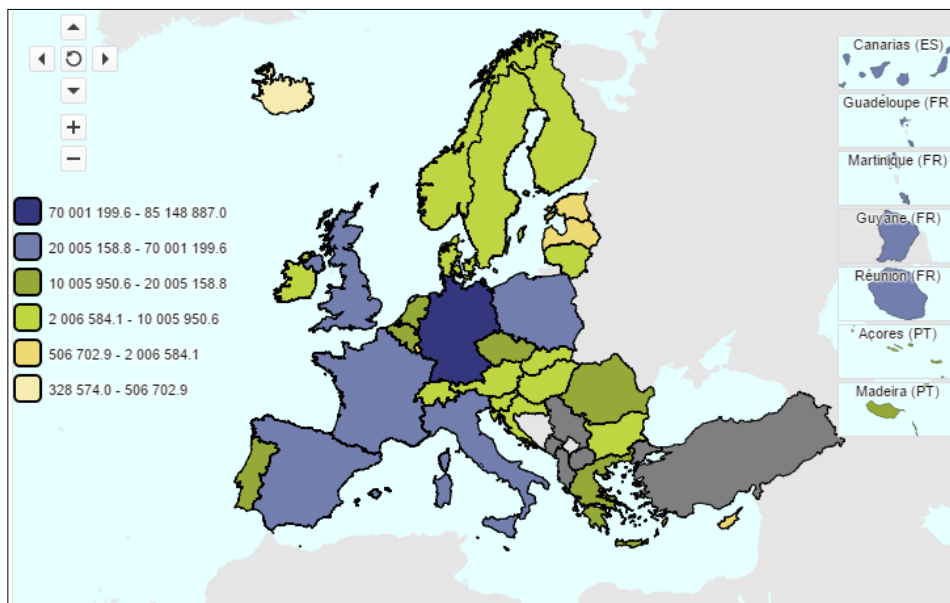


Figura 4.6. Mapa de la población estimada de la Unión europea en 2015.
Fuente: Eurostat.

Con el mapa anterior, podemos hacernos una idea de la densidad de población de la Unión europea por países. Viendo cuales son los más poblados.

Según un artículo del parlamento europeo [15], hace un siglo la población europea constituía el quince por ciento del total mundial, pero esta proporción se dividirá por tres para el año 2050. El declive de Europa contrasta con el ritmo ascendente de los países en vías de desarrollo que suponen el 95% del crecimiento de la población del mundo.

Las mujeres de la Unión Europea (UE) tienen una media de 1,52 hijos cada una. Esta cifra se sitúa por debajo del umbral necesario para el reemplazo generacional (2,1 hijos por mujer) y afecta al crecimiento negativo de la población (se registran más muertes que nacimientos). El declive de la

fertilidad se produjo después del llamado "baby boom" que siguió al fin de la Segunda Guerra Mundial. En la actualidad, los niños del "baby boom" están alcanzando la edad de jubilación.

El Comisario de Empleo y Asuntos Sociales, Vladimír Špidla, declaró después de que viese la luz la comunicación de la Comisión sobre demografía en octubre de 2006 que "en la actualidad, hay cuatro personas en edad de trabajar por cada pensionista", por lo que "en 2050, esta proporción quedará reducida a la mitad: dos trabajadores por cada jubilado", agregó.

Esto se ve reflejado en la figura 4.7, la cual muestra claramente que la pirámide poblacional europea tiene claramente forma de campana, de pirámide regresiva, la cual es más ancha en los grupos superiores que en la base, lo que corresponde claramente con países y regiones desarrolladas.

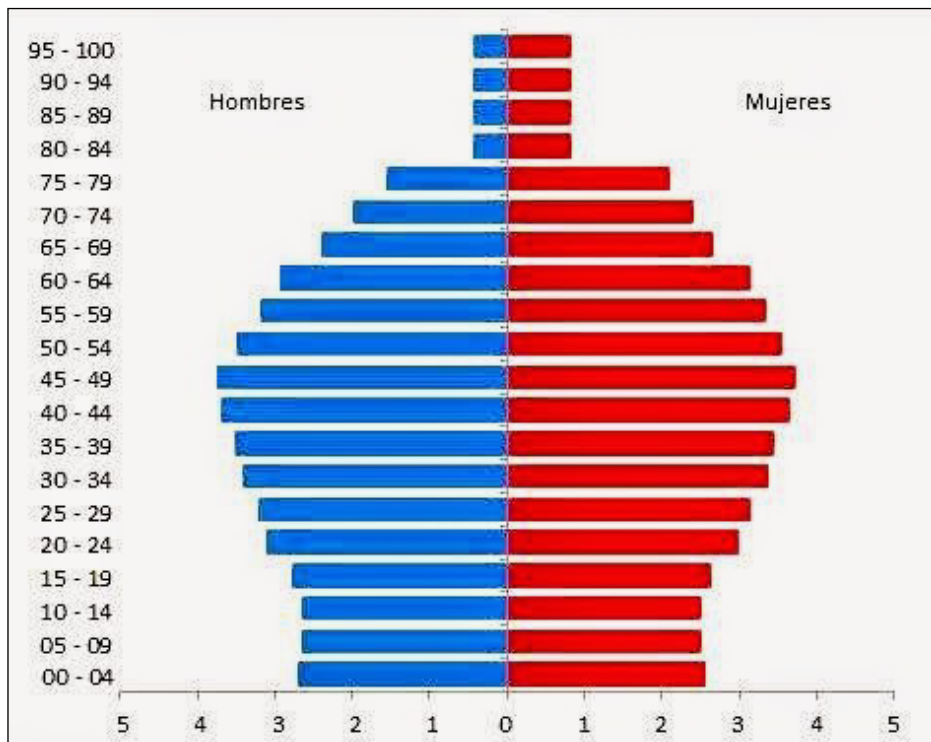


Figura 4.7. Pirámide poblacional de la Unión Europea (28) en 2013.
Fuente: Eurostat.

Si queremos estudiar la población por sexos, en la unión europea, el pasado año, la proporción de habitantes por sexo era de 260.238.592 mujeres frente a 248.212.264 hombres, un 51.2% de mujeres frente a un 48.9% de hombres.

Esto es debido, en parte, a la esperanza de vida, la cual es mayor en el sexo femenino.

El balance total de la población, resulta de sumar el total de nacidos y fallecidos, así como la migración del país o región estudiada.

Según datos de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat), el pasado año 2014 cerró con muertos 4.940.48 y nacidos 5.131.500, lo que deja un balance favorable en 191.019 unidades, al que hay que añadirle la migración de Europa.

La cual, para hacernos una idea, en 2013, según Eurostat, un total de 1,4 millones de personas inmigraron a uno de los Estados miembros de la EU-28 desde otro país no comunitario.

Por edades, los inmigrantes de países terceros, la gran mayoría están entre 20 y 30 años de edad. Siendo el principal motivo la búsqueda de empleo.

1 de enero de 2014, el número de personas residentes en la EU-28 que eran nacionales de terceros países ascendía a 19,6 millones, mientras que el número de personas residentes en la EU-28 que habían nacido en un país tercero era de 33,5 millones. El número de personas nacionales de un tercer país que residían a 1 de enero de 2014 en un Estado miembro de la UE era de 19,6 millones, lo que representa el 3,9 % de la población de la EU-28. Por otra parte, 14,3 millones de personas que vivían en uno de los Estados miembros de la UE a 1 enero de 2014 eran nacionales de otro Estado miembro de la UE. [12]

En la Unión Europea, comenzará a haber una caída natural de población a mediados de siglo, llegando a hasta entonces a un estado de equilibrio entre los nacimientos e inmigración frente a las defunciones y emigración. En la cual tendremos una población cuyo grosor de la misma van adquiriendo cada vez más edad, es decir, en las nuevas generaciones cada vez hay menos población. Lo que nos lleva a una población más vieja y un aumento en la longevidad.

Estas conclusiones se estudiarán más adelante en el punto 5.2. tras analizar las tendencias futuras para la Unión Europea.

4.2.2. PIB EN LA UNIÓN EUROPEA

El PIB per cápita es un factor que expresa el valor de todos los bienes y servicios de la demanda final que se producen dentro de un país durante un periodo de tiempo determinado dividido entre la población de la misma.

En otras palabras, es un indicador de la riqueza de un país y de la capacidad de crecimiento que está teniendo de cara al futuro.

Ya que se centra más en esto y no en el bienestar de la población, pues para su estudio, no se tienen en cuenta ciertas condiciones, como, por ejemplo, los bienes y servicios generados de economías sumergidas, las llamadas facturas sin IVA. Otro factor que tampoco mide son los recursos naturales del país y el estado de su medio ambiente, ya que las políticas del país en cuestión pueden explotar excesivamente los mismos, generando un mayor PIB a corto plazo, pero a la vez empeorándolo a medio y largo plazo. El problema de esto está en que el PIB no diferencia entre el crecimiento sostenido y el sostenible, el cual es el ideal.

Tampoco tiene en cuenta el endeudamiento de un país con otro, ya que, al recibir préstamos en el periodo estudiado, aumenta su PIB, pero en periodos posteriores disminuirá.

El PIB de un país es ajeno a si la distribución del crecimiento entre sus habitantes es equitativa o no. Tampoco tiene en cuenta los trabajos no remunerados llevadas a cabo por Organizaciones sin ánimo de lucro, voluntariados, el trabajo de aquellas personas dedicadas únicamente al cuidado de sus hogares, el dinero de las pensiones. En definitiva, todos trabajos y actividades que generan bienestar, pero sin una transacción económica que pueda contabilizar el PIB.

Por todos estos factores el PIB per cápita, es un indicador aceptable del desarrollo y crecimiento económico únicamente y no del bienestar de su población.

Centrándonos en la Unión Europea, vemos que es una de las zonas con mayor PIB per cápita del planeta, en la que se encuentran unos de los países más desarrollados.

Para hacernos una idea con números, en 2013, el PIB a precios de mercado en la UE-28 se valoró en 13,5 billones de euros.

Comparando un poco los diferentes países de la Unión Europea, en la figura 4.8 se ve reflejado la evolución de los últimos años del PIB de todos los miembros de la UE.

	Gross domestic product			
	2012	2013	2014	2015
Luxembourg	258	264	266	271
Ireland	131	131	134	145
Netherlands	132	132	131	129
Austria	131	131	129	127
Germany	124	124	126	125
Denmark	126	126	125	124
Sweden	127	124	123	123
Belgium	120	120	118	117
United Kingdom	107	108	109	110
Finland	115	113	110	108
EA-19	107	107	107	106
France	107	108	107	106
Italy	101	98	96	95
Spain	92	91	91	92
Malta	84	86	86	89
Czech Republic	82	83	84	85
Slovenia	81	80	82	83
Cyprus	91	84	82	81
Portugal	77	77	78	77
Slovakia	74	76	77	77
Estonia	74	75	76	74
Lithuania	70	73	75	74
Greece	74	74	73	71
Poland	66	67	68	69
Hungary	65	66	68	68
Latvia	60	62	64	64
Croatia	60	59	59	58
Romania	54	54	55	57
Bulgaria	46	46	47	46

Figura 4.8. Tabla con el PIB de los diferentes miembros de la Unión Europea (28) en 2015. Los índices de los volúmenes relativos de PIB per cápita se han corregido por las diferencias de nivel de precios, y se expresa en relación a la media de la Unión Europea (UE-28 = 100). **Fuente:** Eurostat.

La dispersión del PIB per cápita entre los Estados miembros de la UE sigue siendo notable. De los 28 miembros, 11 están por encima de la media europea y los otros 17 por debajo.

Donde cabe destacar Luxemburgo, en primer lugar y muy por encima de la media, 171 puntos promedio por encima de la Unión Europea. Ello es debido a una característica particular de la economía de Luxemburgo, debido al gran número de residentes extranjeros están empleados en el país y por lo tanto contribuyen a su PIB, mientras que al mismo tiempo que no se incluyen en la población residente.

También es destacable el estado miembro como Irlanda, la cual está 45 puntos promedio por encima de la media europea.

En el otro extremo está por ejemplo Chipre, el cual en los últimos 4 años ha perdido 10 puntos estando además por debajo de la media. Los países con menor PIB de la UE, son los países del este, tales como Croacia, Rumania y

Bulgaria, los cuales no superan los 60 puntos promedio frente a los 100 de la UE. [3]

Esta última afirmación, se ve reflejada en la siguiente figura 4.9. La cual muestra el PIB por regiones, reflejando los máximos sea acumulan en centro y noroeste de Europa, y los mínimos en la Europa del este y sur de la Europa mediterránea.

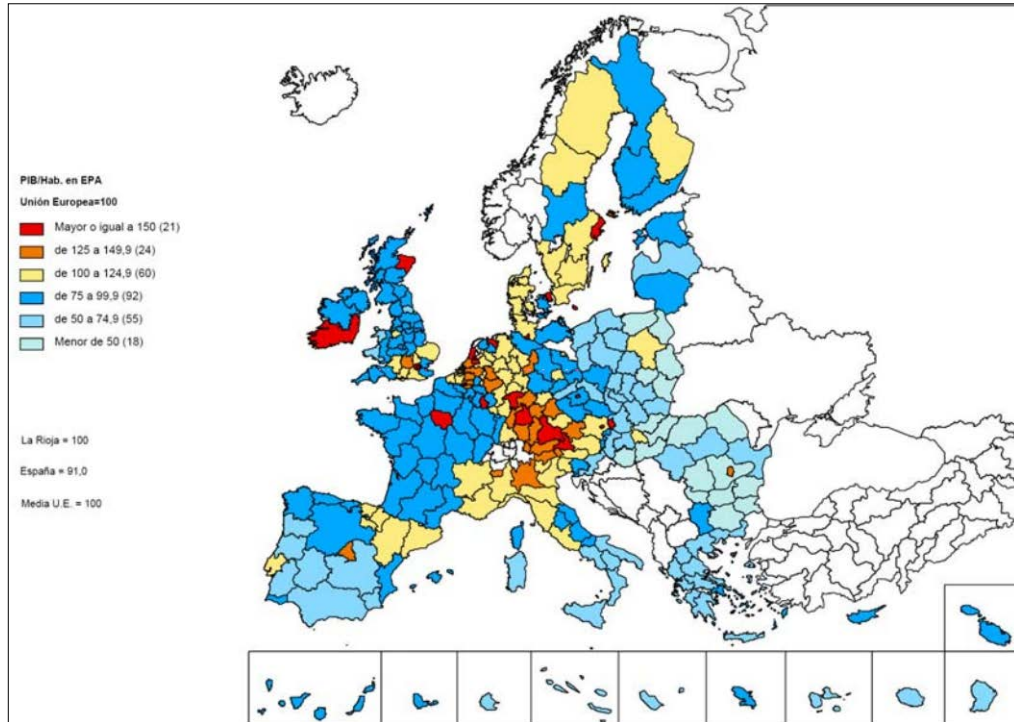


Figura 4.9. Mapa del PIB por habitante en las diferentes regiones de la Unión Europea (28) en 2014. (Como % de la media de la UE-28, UE-28 = 100).
Fuente: Eurostat.

En conjunto el PIB per cápita de la Unión europea, es uno de los más fuertes. El cual está reflotando de la recesión económica de los pasados años que lo llevo a un descenso significativo, y actualmente sigue una tendencia al alza la cual se prevé que continúe en los próximos decenios.

4.2.3. INTENSIDAD ENERGÉTICA EN LA UNIÓN EUROPEA

Hablando de macroeconomía, la forma más recurrida para medir la eficiencia energética de un país o región es mediante la intensidad energética.

Este indicador muestra la relación entre el consumo energético y el volumen de actividad económica calculándolo como el cociente del consumo de energía primaria o final entre el producto interior bruto (PIB). Se expresa en tep/millón de euros constantes.

En un lenguaje más vulgar, equivale a mostrar la cantidad de energía necesaria para generar una unidad de riqueza. A priori, una evolución decreciente de este indicador representa un consumo menor para generar esa misma unidad de riqueza; por ello, dicho decrecimiento puede interpretarse como un aumento de la eficiencia energética global del sistema analizado.

Pero para interpretar de una forma más precisa los resultados, se han de tener en cuenta una gran variedad de factores influyentes, como, por ejemplo, la estructura industrial del país, el nivel de equipamiento, la evolución económica y de los precios, la disponibilidad de sus materias primas y recursos, el mix energético, clima y situación geográfica, etc.

Pero a pesar de todo ello, se emplea la intensidad energética como un indicador razonable de las tendencias registradas en la evolución de la eficiencia energética de la Unión Europea y de cada uno de sus miembros estado.

Otro punto a tener en cuenta es la diferencia entre intensidad energética primaria o final, ya que la intensidad energética primaria (considera la energía primaria consumida: carbón, gas, petróleo...) y la intensidad energética final (tiene en cuenta el consumo de energía final: electricidad, combustibles refinados...).

Para este estudio se ha tomado como variable de la energía dentro del indicador la intensidad energética, la energía primaria, pues con ella se tienen en cuenta la energía perdida e utilizada en su transformación y transporte. Si tomáramos la energía final, toda esa energía invertida en el paso de primaria a final, no se tendría en cuenta a la hora de estimar las emisiones de dióxido de carbono equivalente. Por lo que al usar energía primaria obtenemos unos valores más reales.

La unión europea está haciendo un gran esfuerzo por reducir la intensidad energética, es decir por reducir la cantidad de energía requerida para generar una unidad de riqueza. La gráfica 4.10 lo ratifica viendo su evolución. Cuya tendencia es a aumentar su eficiencia con “economías verdes”.

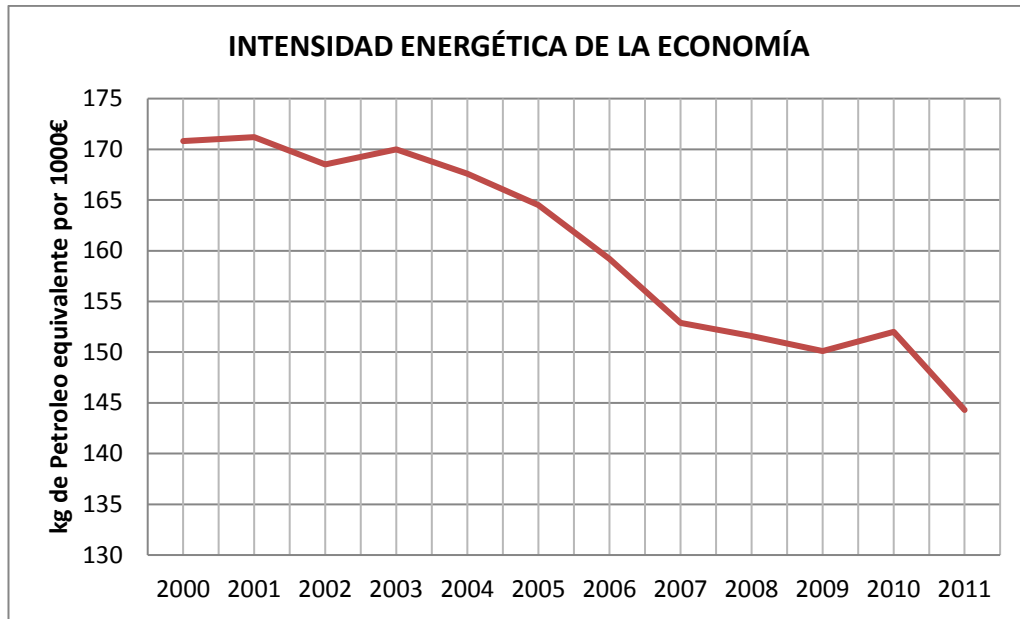


Figura 4.10. Gráfica de la evolución de intensidad energética en la unión europea (27), medido en kg de petróleo equivalente por cada 1.000€. **Fuente:** Elaboración propia. Datos Eurostat.

En el Artículo 194 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE) sobre el tratado de Lisboa en diciembre de 2007, y con su entrada en vigor en diciembre de 2009. Con los objetivos puestos en 2020, se pretende como objetivos generales garantizar el funcionamiento del mercado de la energía, garantizar la seguridad del abastecimiento energético en la Unión europea, fomentar la eficiencia energética y el ahorro energético, así como el desarrollo de formas de energía nuevas y renovables, y fomentar la interconexión de las redes energéticas. [2]

Aprobó una política integrada en materia de clima y energía y se comprometió a alcanzar los siguientes objetivos de aquí a 2020, tales como: una reducción de al menos un 20 % en las emisiones de gases de efecto invernadero con respecto a los niveles de 1990; un incremento del 20 % de la cuota de las energías renovables en el consumo de energía, y una mejora de la eficiencia energética de un 20 %.

También en completar en mercado interior de la energía, y así suprimir las regiones energéticas aisladas en la UE. Para ello requiere la supresión de numerosos obstáculos y barreras comerciales, la aproximación de las políticas

fiscales y de precios y de las medidas sobre normas, así como reglamentaciones en materia de medio ambiente y seguridad. El objetivo de todo ello es garantizar el funcionamiento del mercado, con un acceso justo y un alto grado de protección de los consumidores, además de unos elevados niveles de interconexión y de capacidad de generación. Las soluciones propuestas son la liberación de los mercados de gas y electricidad, salvaguardar el suministro de electricidad, gas y petróleo, y orientación en las redes transeuropeas.

Mejorar la eficiencia energética, es otro punto clave en este tratado, cuyo propósito de es encauzar a los Estados miembros hacia el cumplimiento de los objetivos de 2020. Otros instrumentos normativos importantes son el etiquetado de los productos y las medidas orientadas a la eficiencia energética de los edificios. Así como aprovechar mejor los recursos energéticos propios de la UE. [2]

En dicho artículo, también se trata temas relacionados con la energía nuclear. Ya que para hacer frente a la escasez general de fuentes de energía se sigue apostando por esta, y los países por separado no podrían asumir los costes de la inversión en energía nuclear. Por ello Los objetivos generales del Tratado Euratom consisten en contribuir a la creación y el crecimiento de industrias nucleares europeas, de manera que todos los Estados miembros puedan beneficiarse del desarrollo de la energía atómica, y en garantizar la seguridad del suministro. Las competencias otorgadas se limitan al uso civil y pacífico de la energía nuclear.

Cuyos puntos clave son: la protección contra las radiaciones, el transporte de sustancias y residuos radioactivos y su gestión, control y seguridad de material radioactivo, así como de las instalaciones nucleares y actividades de formación e investigación en el ámbito nuclear. [5]

Otros proyectos de investigación puestos en marcha por la Unión Europea son: el programa Horizonte 2020 (de 2014 a 2020) es el principal instrumento de la UE para promover la investigación en materia de energía. Se han destinado fondos de hasta 5 931 millones de euros para apoyar el desarrollo de una energía limpia, segura y eficiente, y para el desarrollo sostenible.

El plan EETE adoptado por la Comisión en 2007 tenía por objeto acelerar la introducción en el mercado y la asimilación por este de tecnologías energéticas eficientes y con baja emisión de carbono. El plan promueve medidas para ayudar a la UE a desarrollar las tecnologías necesarias para cumplir sus objetivos políticos y, al mismo tiempo, garantizar que sus empresas puedan beneficiarse de las oportunidades de un nuevo enfoque sobre la energía.

Volviendo a la intensidad energética, en el año 2010 en la UE-27 alcanzó 168 tep/millón euros constantes de 2000, es decir un 1,2% más que el año anterior. Bulgaria, Estonia, Rumania y República Checa fueron los países que alcanzaron los valores más elevados de intensidad energética con un total de 854, 679, 589 y 532 tep/millón euros constantes de 2000, respectivamente. La intensidad energética de España siempre se situó por encima de la media europea hasta que a partir del año 2004 convergió, como consecuencia de una mejor eficiencia energética y, por tanto, económica.

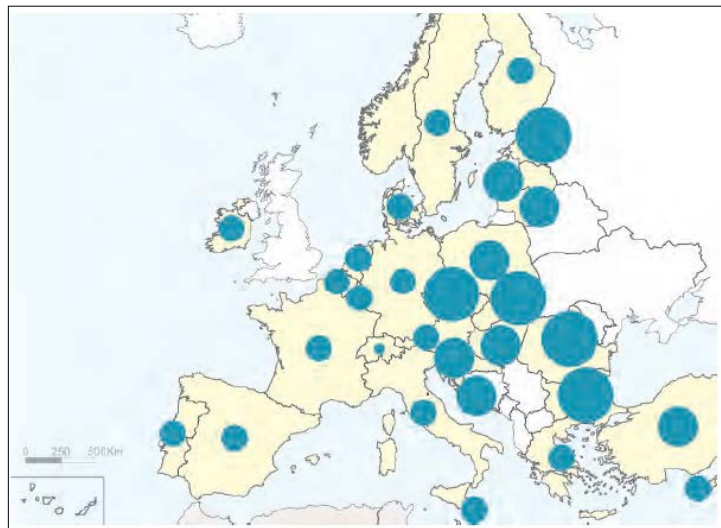


Figura 4.11. Mapa de intensidad energética en la unión europea (27), medido en toneladas de petróleo equivalente por cada millón de euros constantes de 2000. 2010. **Fuente:** Elaboración OSE a partir de datos de Eurostat, 2012.

La figura 4.11 refleja en que estados miembros la intensidad energética es mayor, y por tanto peor su eficiencia. A grandes rasgos son los países de Europa del este, los países más tardíos en incorporarse a la Unión europea, y mayor esfuerzo e inversiones se han de hacer para reducir ese factor.

En su conjunto, analizando el Mix energético de la Unión europea el pasado año 2013. En la figura 4.12 vemos conclusiones muy claras, tenemos una dependencia total de los combustibles fósiles, estos suponen un 74% del total de las energías primarias utilizadas en Europa. Le sigue la energía nuclear con un 13,44%, la cual es una energía muy estable frente a variaciones de las demás, tanto fósiles como renovables, con el matiz del abastecimiento de uranio, hace unos decenios hubo una crisis con la falta de esta materia prima pero recientemente se han encontrado nuevas minas y por el momento es un recurso abundante. Otro problema viene con los riesgos que conllevan esta tecnología y su gestión de los residuos que genera.

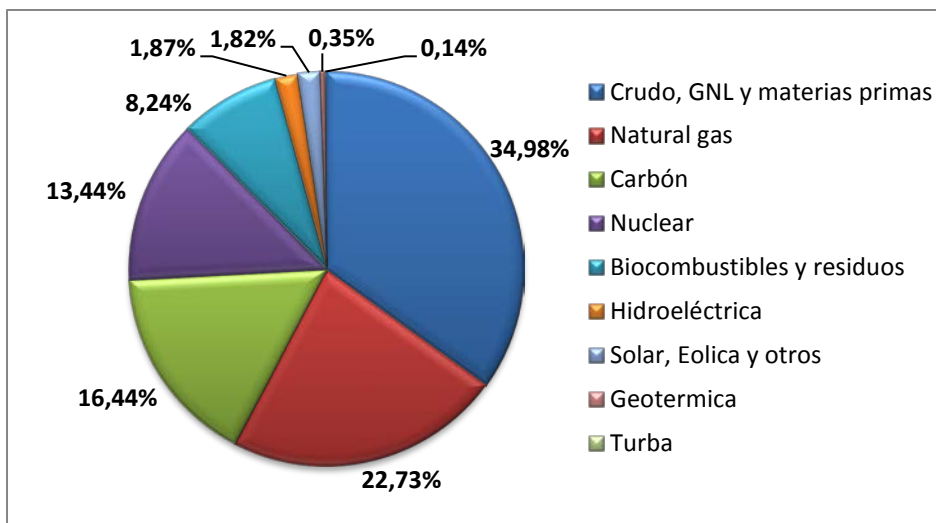


Figura 4.12. Gráfica del Suministro total de energía primaria en la Unión Europea (28) 2013. Medido en kilo toneladas de petróleo equivalente
Fuente: Elaboración propia, datos IEA World energy statistics and balances.

Vemos que las energías renovables aún son una apuesta de futuro y no una realidad ya que apenas aportan energía. Se apostó fuertemente por ellas, pero con la llegada de la crisis económica, se frenó drásticamente ese avance. Ahora hay nuevos brotes, y existen países que están apostando nuevamente por ellas, tales como: Alemania, Suecia, Dinamarca, etc.

Otro factor a tener en cuenta a la hora de la orientación de crecimiento de Europa deseada es la dependencia energética, ya que desde Bruselas están más que preocupados por la dependencia energética de Europa ante la posibilidad de no cumplir los objetivos marcados para el 2020.

Ya que un reciente informe de Eurostat, la oficina estadística de la UE, con datos de 2014, revela un incremento de la misma. Los miembros estado de la UE, de media, se situaron en un 53,4%, lo que significa que más de la mitad de la energía que se consumió ese año hubo de ser importada. [11]

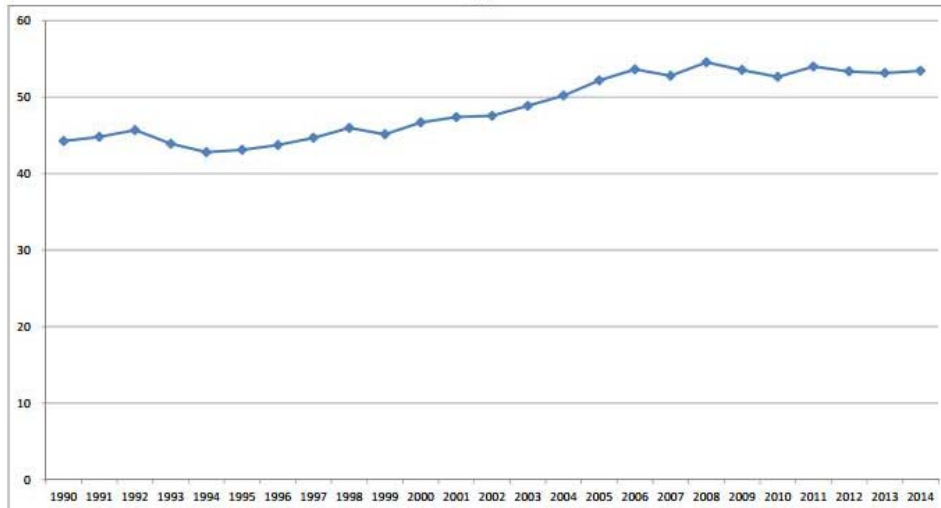


Figura 4.13. Gráfica evolutiva del porcentaje de dependencia energética de la Unión Europea (28) 1990-2014. **Fuente:** Eurostat

Donde vemos una tendencia alarmantemente creciente. Pero, esta dependencia energética varía muy ampliamente entre los países de la UE, con la mitad de ellos basándose principalmente en las importaciones para su consumo de energía en 2014, mientras que, para la otra mitad, la tasa de dependencia energética se situó por debajo del 50%.

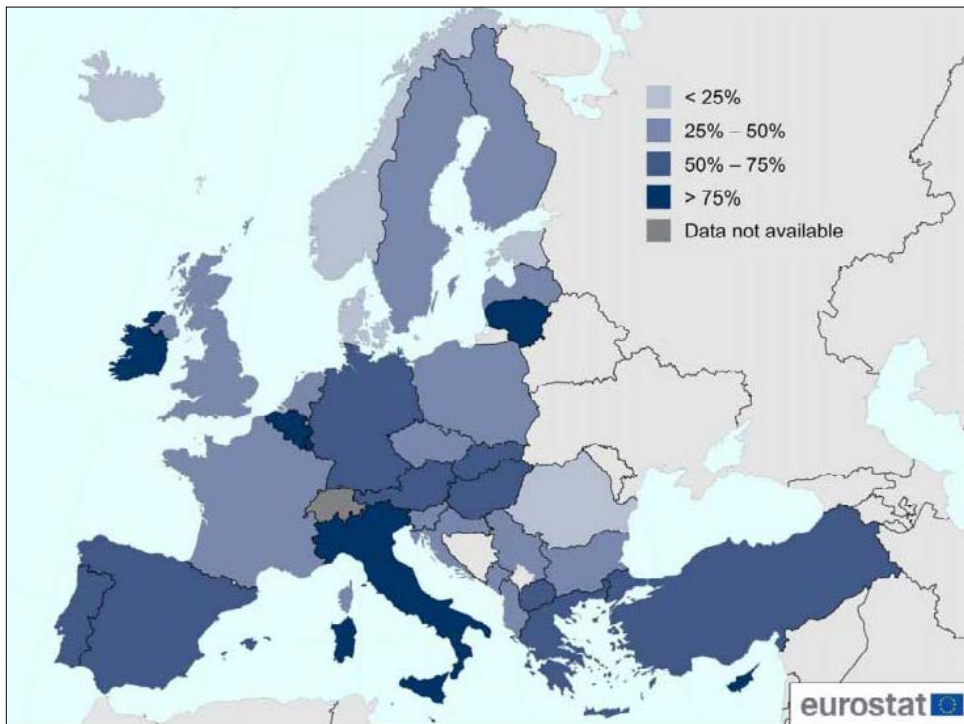


Figura 4.14. Mapa ilustrativo de dependencia energética de cada estado miembro de la Unión Europea (28) en 2014. **Fuente:** Eurostat.

Donde podemos observar los países menos dependientes en las importaciones de energía de la UE fueron: Estonia (8,9%), Dinamarca (12,8%) y Rumanía (17,0%), seguido de Polonia (28,6%), la República Checa (30,4%), Suecia (32,0%), los Países Bajos (33,8%) y Bulgaria (34,5%).

En el otro extremo encontramos, a Malta (97,7%), Luxemburgo (96,6%), Chipre (93,4%), Irlanda (85,3%), Bélgica (80,1%), Lituania (77,9%), Italia (75,9%), España (72,9%) y Alemania (61,4%). Con mayores tasas de dependencia. [11]

La intensidad energética es la combinación de la energía puesta en juego por un país y su PIB, por ello es uno de los factores clave a tener en cuenta en la economía y desarrollo de un país. La unión europea está haciendo grandes esfuerzos en avanzar en el camino correcto y conseguir reducir este factor al máximo sin perjudicar a la población. Promoviendo una serie de medidas y normas a todos los estados miembros de la misma para conseguir los objetivos marcados para 2020 y recientemente tras el acuerdo de Paris 2016, para cumplir los de 2050.

Acerca de la evolución que se llevará a cabo en los próximos años y si cumpliremos con los objetivos marcados, se hablará más adelante en los próximos capítulos.

4.2.4. INTENSIDAD DE CARBONIZACIÓN EN LA UNIÓN EUROPEA

El último de los cuatro factores a analizar en la ecuación de la identidad de Kaya, es este, el índice de carbonización.

Este factor refleja la cantidad de dióxido de carbono equivalente que se emite a la atmosfera para producir una unidad de energía. Siendo el cociente de emisiones de CO₂ equivalentes medidas en millones de toneladas de CO₂ equivalente, entre la energía primaria total generada en unidades de kilo toneladas de petróleo equivalente.

Siendo el dióxido de carbono equivalente, según lo pactado en el Protocolo de Kioto, se incluyeron un total de 6 gases causantes del efecto invernadero en la atmosfera: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Son los llamados Gases de efecto invernadero o GEI.

En 2014, las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE, incluidas las emisiones de la aviación internacional y las emisiones indirectas de CO₂, se redujeron en un 23,0% en comparación con los niveles de 1990. Por tanto, se espera que la UE sobrepasar el objetivo de Europa 2020 de reducir las

emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para 2020. Datos reflejados en la figura 4.14. [13]

Los principales instrumentos de política para lograr este objetivo son el Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS) y la Decisión de reparto del esfuerzo (ESD).

El ETS de la UE establece un límite comunitario único para más de 11 000 centrales eléctricas e instalaciones industriales, así como la industria de la aviación. Permite que estos actores económicos para el comercio de derechos de emisión entre sí.



Figura 4.15. Gráfica de la evolución de las emisiones totales de GEI de la Unión Europea (28). En ella está incluida las emisiones de aviación internacional y emisiones indirectas de GEI, pero está excluidas las emisiones derivadas de la agricultura, cambio y uso de la tierra y la deforestación. **Fuente:** Eurostat [13].

En el año 2014, la UE como bloque había reducido las emisiones de gases de efecto invernadero en un 22.9% respecto niveles de 1990. Las cuales han ido siendo por diferentes motivos, por cambios estructurales en la industria, modernizaciones de la misma y el cambio de carbón a gas, y más recientemente por el uso de fuentes de energía renovables y un mejor tratamiento de gestión en los residuos y en la agricultura debido a una disminución en la cantidad de ganado y el uso de fertilizantes nitrogenados.

En particular, la disminución de las emisiones de CO₂ observadas entre 2009 y 2012 puede atribuirse principalmente a tres factores: la mejora de la intensidad energética de la economía de la UE, el desarrollo de fuentes de energía renovables y la desaceleración económica.

Si comparamos estas cifras por sectores, figura 4.16, observamos que todos los sectores exceptuando la quema de combustibles debida al transporte y la aviación internacional, redujeron sus emisiones de GEI en los últimos 25 años.

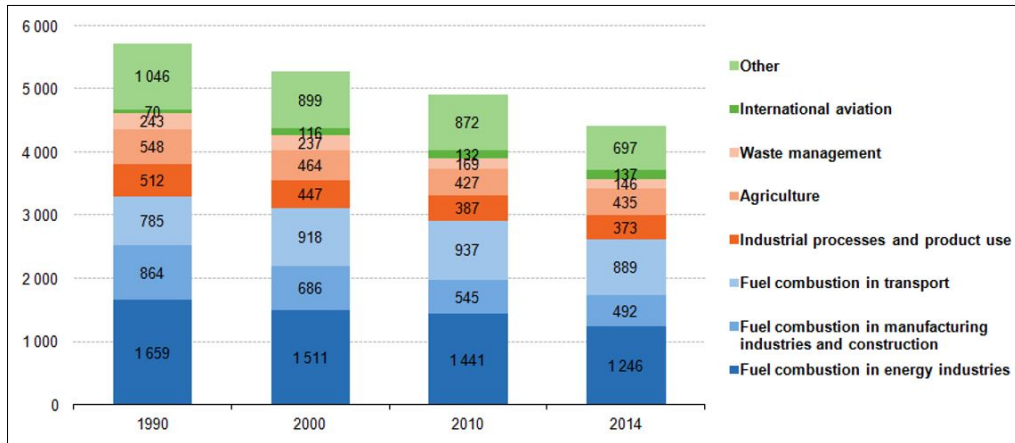


Figura 4.16. Gráfica de las emisiones totales de GEI de la Unión Europea (28) por sectores. Unidades en Millones de toneladas de CO₂ equivalentes. **Fuente:** Eurostat [13].

En términos absolutos, las industrias de la energía contribuyeron las mayores reducciones de las emisiones entre 1990 y 2014 con 413 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Sin embargo, todavía es el sector responsable de la mayor parte de las emisiones totales (28,2% en 2014). Se logró el segundo mayor reducción de 372 millones de toneladas de CO₂ equivalente en las industrias manufactureras y construcción.

Por el contrario, las emisiones del transporte aumentaron un 13,3% en 2014 respecto en 1990. La quema de combustible en el transporte representó el 20,1% de las emisiones totales de la UE en 2014, por lo que es la fuente más grande después de las industrias de la energía. Sin embargo, las emisiones del transporte fueron incluso mayores en 2007, donde alcanzaron un máximo de 987 millones de toneladas de CO₂ equivalente y posteriormente cayeron en un 10,0%, hasta los aumentos del precio del combustible en 2014, que junto con la recesión económica parece haber reducido la demanda de transporte de mercancías. Por otra parte, la proporción de combustibles menos intensivos en carbono, como el gas natural licuado (GNL) y mezclas de biocombustibles líquidos aumentó. Sin embargo, la mejora de la eficiencia energética y el aumento de la participación de los combustibles alternativos siguen siendo cruciales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector del transporte, sobre todo cuando el crecimiento económico vuelva a recuperarse. [7]

Las emisiones de la aviación internacional casi se duplicaron entre 1990 y 2014, con un aumento de 70 a 137 millones de toneladas de CO2 equivalente.

De cara al objetivo impuesto por la Unión europea en el año 2020, las proyecciones previstas de gases de efecto invernadero sobre las políticas actuales de los estados miembro, muestran que la UE está por el buen camino para cumplir el objetivo en 2020 de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% respecto niveles de 1990. Pero a la vez vemos que esto no es suficiente para poder cumplir el objetivo de 2030, donde se tiene por meta una reducción de las mismas de un 40%. Por lo tanto, se necesitan más esfuerzos.

Al igual que con el resto de factores, veremos sus proyecciones y futuros escenarios en el siguiente capítulo.



Capítulo 5

Estudio de las variables de la Identidad de Kaya y futuros escenarios para la Unión Europea

5.1. Identidad de Kaya

5.1.2. Población

5.1.3. PIB per cápita

5.1.4. Intensidad energética

5.1.5. Intensidad de carbonización

5.2. Futuros escenarios para la Unión Europea

5.2.1. Obtención de emisiones de CO₂ equivalente mediante la identidad de Kaya.

5.2.2. Obtención de emisiones de CO₂ equivalente mediante los métodos de proyecciones

5.2.3. Comparación de resultados de emisiones y conclusiones

5.1. IDENTIDAD DE KAYA

El estudio se ha realizado sobre los cuatro factores de la identidad de Kaya de primer nivel, ninguno se ha desagregado en varios, y aplicado a la Unión europea en la medida de lo posible, con los datos recopilados, es decir, para los 28 miembros que la componen siempre y cuando ha sido posible.

Las fuentes de información fiables de los que parte el estudio son tres: la oficina europea de estadística, Eurostat, accediendo a sus bases de datos de su página web; la Agencia Internacional de la Energía, IEA, accediendo a sus bases de datos a través de los derechos comprados por la biblioteca de la Universidad de Valladolid; y la base de datos Online de la compañía energética BP.

En particular, para obtener datos de las tendencias futuras de expertos hay más ambigüedad de las fuentes, como por ejemplo informes de la Comisión Europea y el Consejo Mundial de la Energía, pero al fin y al cabo son datos de organismos fiables, que en muchos casos toman datos de las fuentes anteriormente mencionadas para realizar sus estudios.

Los datos usados son tomados desde el año más antiguo posible y siempre y cuando ha sido posible están incluidos los 28 estados miembros de la Unión europea, o en su defecto la gran mayoría de ellos. Cabe destacar, ciertos países de las últimas incorporaciones carecen de datos muy antiguos, es el caso de la última incorporación en 2013, Croacia, del cual apenas se tienen datos históricos. En cualquier caso, del grueso de países que integran la Unión europea si se tienen datos, y es posible llegar a unos resultados más o menos fiables.

A continuación, se analizarán cada uno de los cuatro factores, viendo su evolución historia a lo largo de las últimas décadas hasta la actualidad, y sus proyecciones futuras, las cuales se han desarrollado mediante dos métodos: un **método matemático-estadístico** y otro mediante la **predicción de expertos**.

De primer método, cabe mencionar que ha sido creado mediante la tendencia lineal de ajuste perfecto llevada a cabo con el software Excel, el cual genera una serie de datos a partir de otros, los históricos, con el algoritmo de ajuste por mínimos cuadrados y extrapolando los datos hasta el 2050.

Para crear todos los posibles escenarios, se ha partido de los dos métodos anteriormente mencionados, pero con cada método se han creado varios.

Es el caso del uso del método matemático, mediante una tendencia lineal de ajuste perfecto, con el que se ha creado un escenario tomando como base de tal proyección, los datos de todos los años disponibles, es decir, el histórico total, y, por otro lado, otro tipo de proyecciones en la que únicamente se han

tenido en cuenta los datos de los últimos años, desde que sucedió la recesión económica.

La razón de esta elección de datos, reside en generar una serie de datos que estén en el mismo orden de magnitud y sean continuos con los históricos, pues para la mayoría de variables al tomar todos los datos históricos, como tras la recesión económica se genera un cambio de tendencia en la serie, las proyecciones lineales no son muy homogéneas. Por ello se generan las proyecciones con datos a partir de los cuales se estabiliza la serie histórica, es decir, dependiendo de la variable en cuestión, hay series que se toman desde el 2003, 2009 o 2011, dependiendo de esa estabilización.

Es el caso por ejemplo del PIB, en cuyo caso se han creado dos proyecciones con este método: una con todos los datos históricos recopilados, desde 1995 hasta 2013, una segunda desde 2009 hasta 2013, esto es debido a que la gráfica generada con los datos históricos genera esta curva:

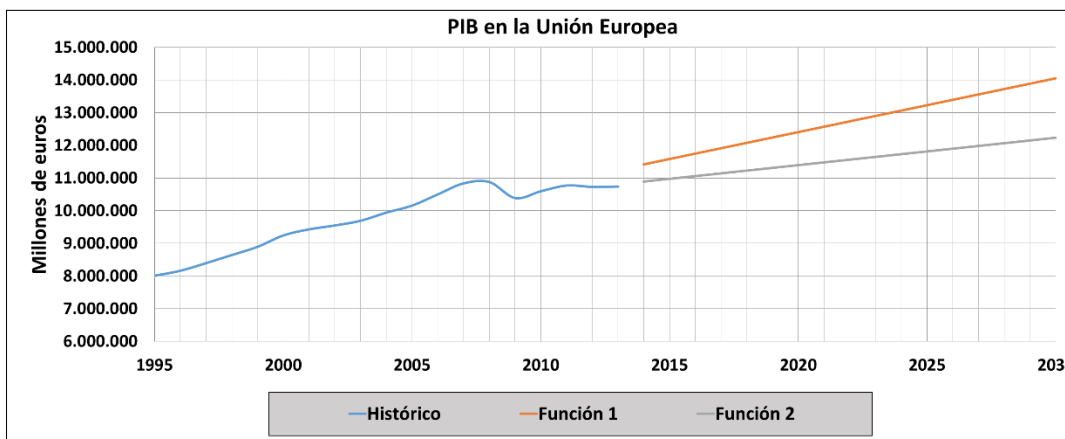


Figura 5.1. Gráfica de PIB de la Unión Europea y dos posibles proyecciones futuras. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

Como vemos en la figura superior, del paso del año 2008 al año 2009, a consecuencia de la recesión económica sufrida en la Unión europea, la gráfica genera una caída. La Función 1 está generada a partir de los datos históricos desde 1995, y la función 2, con los datos desde 2009.

Se aprecia que la segunda función, la de color gris, homogeneiza mejor con la tendencia que seguirá el PIB en los próximos años. A pesar de ser un escenario futuro generado con pocos datos históricos.

Para la generación de los escenarios futuros de cada factor de la identidad de Kaya, como resultan del cociente de dos variables y estas a su vez tienen tres o más proyecciones o escenarios futuros, se combinan todas las posibilidades, por ejemplo: para la generación de la Intensidad energética, es el cociente de la energía primaria que posee 5 proyecciones, entre el PIB el cual posee 3, por

tanto, el resultado del número de escenarios futuros posibles para la Intensidad energética son 15.

He de añadir, que muchas de estos escenarios futuras son muy similares y se solapan en la gráfica, por lo que a la hora del estudio se omitirán y analizarán únicamente los más representativas.

Otro apunte, a la hora de analizar cada escenario, se ha obtenido la ecuación de la curva a través del software de Excel, aproximándola con una línea de tendencia, ajustándola al tipo de función que más se aproxime a la curva utilizando el valor que muestra R^2 , cuyo mínimo aceptable impuesto es 0,995, siendo 1,0 el máximo, para dar validez a la ecuación obtenida.

Todos estos posibles escenarios y cómo se han generado serán explicados en los respectivos momentos en los que aparezcan.

5.1.2. POBLACIÓN

Comenzamos creando los escenarios futuros de la Identidad de Kaya analizando esta variable.

Los datos históricos recopilados para tal análisis han sido recogidos de la base de datos de la Oficina Europea de Estadística, más conocida como Eurostat.

Los datos obtenidos son de la suma de los 28 estados miembros de la Unión Europea, cuya unidad es el número de habitantes totales, no se ha desagregado en varios.

Una posible división sería ver por separado el número de nacimientos, defunciones, inmigración y emigración del conjunto de la UE. Pero tuve la barrera de encontrar datos de la migración de la UE en su conjunto, pues únicamente obtuve datos de la migración por países, lo que no era válido ya que gran parte de la misma era migración interna entre los países integrantes de la Unión Europea y no había manera de diferenciarlo.

En cualquier caso, la gráfica generada con los datos obtenidos es la siguiente:

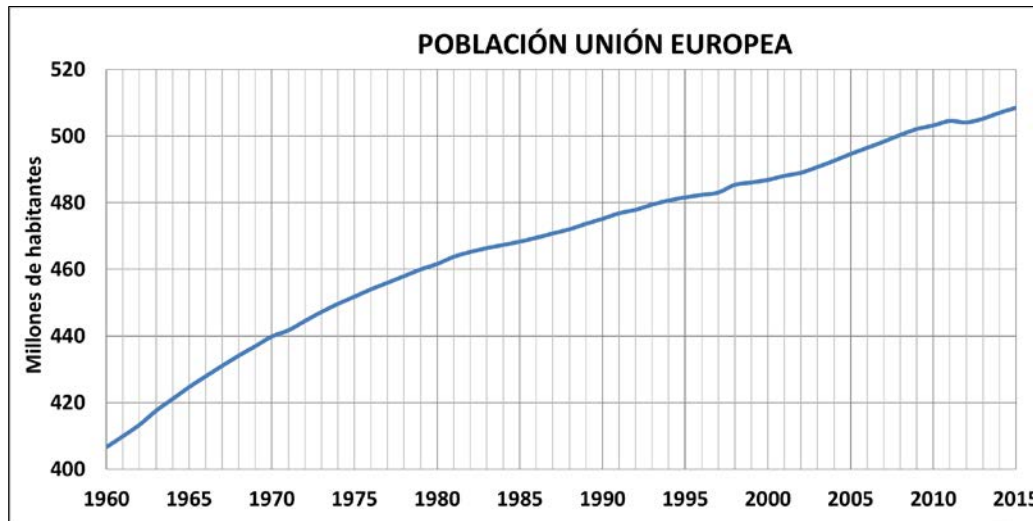


Figura 5.2. Gráfica de la evolución de la población de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

Analizando la curva generada desde 1960 hasta la actualidad (año 2015), vemos claramente una tendencia poblacional de crecimiento. El cual es debido a un aumento gracias a la combinación del crecimiento natural (figura 5.3) y a un crecimiento debido a un balance positivo de migración.

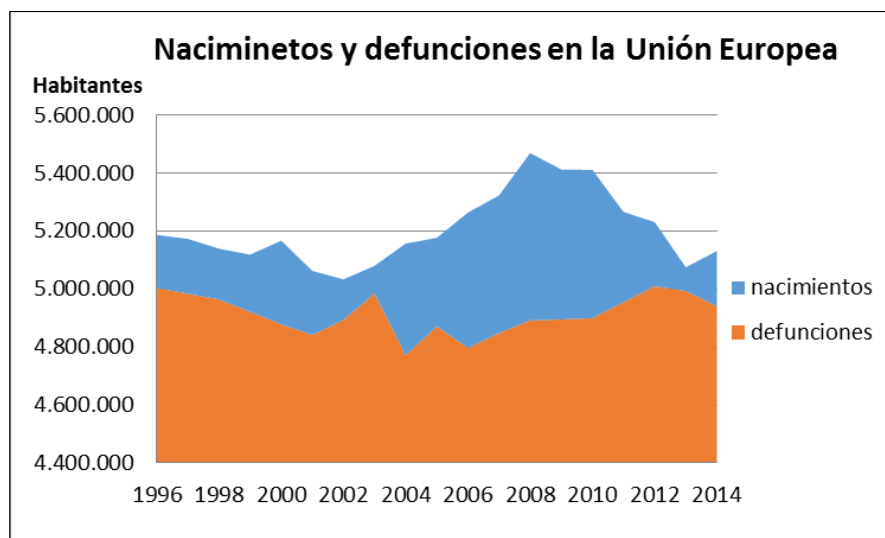


Figura 5.3. Gráfica comparativa de la evolución de los nacimientos y defunciones de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

Como vemos en la figura superior, el número de nacimientos es siempre superior al número de defunciones, por tanto, obtenemos un valor positivo en cuanto variación de la población. Cabe destacar, que esto es para la Unión

Europea en su conjunto, ya que hay países que su balance entre la natalidad y mortalidad es negativo, es el caso de Alemania.

Tras el periodo de la recesión económica sufrida principalmente en el año 2008. Se puede apreciar tanto en la figura 5.2 como en la 5.3, un descenso de la población y de la natalidad. El caso de la población, a pesar de ese bajón ha seguido creciendo, pero en cambio, en la natalidad ese crecimiento se ha visto afectado hasta el año 2013.

Esto es debido a diversos factores, pero los principales son una población que cada vez tiene hijos a una edad más tardía y la principal, la falta de recursos económicos en las familias tras la crisis para poder mantener a las mismas.

En cualquier caso, a modo general la población europea ha ido y va e aumento.

A continuación, veremos las proyecciones para el futuro.

Las cuales hay tres, dos generadas con el método matemático-estadístico y una tercera con la predicción de expertos.

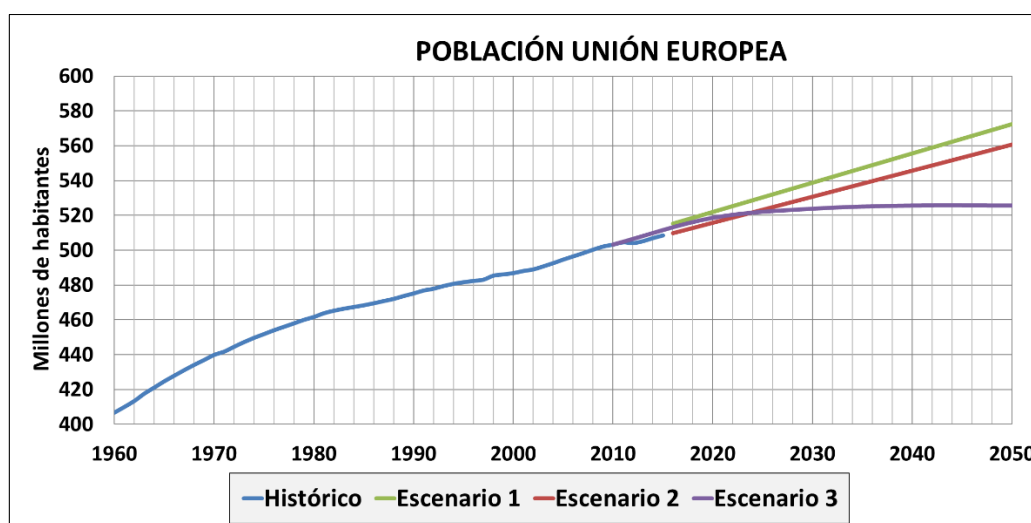


Figura 5.4. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la población de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

En ella vemos tres posibles escenarios:

El primero de ellos es el **Escenario 1**, representa una de las dos funciones generadas con el método matemático de Excel, de tendencia lineal con ajuste perfecto. Tomando como datos base todo el histórico, desde 1960 hasta 2015

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = 1.676.879x - 2.865.208.286$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 1$, significa un ajuste perfecto de la línea con los datos.

Con esta estimación obtendríamos el máximo de todas las proyecciones de población para el 2050, estimada en 572 millones de habitantes. Esto sería posible si ningún factor externo afectara al crecimiento actual de la población.

Escenario 2, representa la otra función generada con el método matemático de Excel, de tendencia lineal con ajuste perfecto. Tomando como datos base los últimos cuatro años, es decir, desde el 2012.

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = 1.494.877x - 2.503.779.109$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 1$, significa un ajuste perfecto de la línea con los datos.

Al igual que con el anterior método matemático, obtenemos un gran crecimiento de la población, muy similar a la proyección anterior, pero algo más moderada, 560 millones de habitantes.

Por último, el **Escenario 3**, es una predicción de expertos cuyos datos han sido obtenidos de Eurostat. Sigue una tendencia levemente creciente, hasta que por el año 2030 prácticamente se estanca y deja de crecer. Hemos llegado al máximo posible de población en Europa (según esta predicción), en torno a 525 millones de habitantes para el año 2050, a partir de ahí la población se mantendría o decaería.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de tercer grado:

$$y = 691,63x^3 - 4.236.392,14x^2 + 8.649.576.885x - 5.886.178.113.999$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9990$, significa un ajuste casi perfecto de la línea proyectada con los datos.

Viendo los valores obtenidos para 2050, tomando como hipótesis extremas los escenarios 1 y 3, la población estará comprendida entre 525 y 572 millones de habitantes. Eso equivale un aumento de población entre un 11,58% y un 1,97% respecto a la población de 2015.

La media de incremento de la población en los últimos años, desde 2008, es de un 0,26% por año respecto del anterior. Si aplicamos esa media en los próximos años obtenemos para el año 2050 una población de 557 millones de habitantes, lo que equivale a un aumento de 9,51%.

Por otro lado, a nivel personal, creo que la población de los países más desarrollados, está llegando a su cenit, con poblaciones cada vez más viejas y muchos hándicaps para poder formar una familia con 2 o más hijos. Por tanto, me inclino más por un crecimiento no tan pronunciado como muestran los escenarios 1 y 2, al igual que el prorrateo de la media de crecimiento de los últimos años; y opto más por un crecimiento menos significativo como apuntan los expertos, escenario 3. Por dar algún valor que refleje mi idea, pienso que se llegará a un aumento de un 5%, lo que equivale a una población para 2050 de 534 millones de habitantes.

5.1.3. PIB PER CÁPITA

Como y mencionamos antes, este factor deriva del cociente entre el PIB y la población de un país o región a analizar.

Los datos de la variable de población son los mismos que para el punto anterior, y los del PIB, al igual que la población, han sido extraídos de la base de datos de Eurostat.

Las unidades de los datos de PIB son millones de euros, calculados mediante valores de volúmenes encadenados referenciados al año 2000. Son datos comprendidos desde el año 1995 hasta 2013.

Si se hubiera elegido las unidades de euros por habitante, son datos constantes debido a la inflación, por ello he elegido volúmenes, porque la tiene en cuenta y va corrigiendo los datos en función de la inflación de cada año anterior, amortiguando dicho valor para que los datos en el periodo de tiempo estudiado sean fiables. Los datos obtenidos son resultado de la suma de los datos de los 28 estados miembros de la Unión Europea.

El crecimiento del PIB per cápita de la Unión Europea se ralentizó sustancialmente en 2008 y se contrajo considerablemente en 2009 debido a la crisis financiera y económica mundial. En 2010 experimentó una recuperación; esta evolución se mantuvo (aunque a un ritmo progresivamente más lento) en 2011–2013, antes de experimentar una aceleración del crecimiento de nuevo en 2014. [10]

La gráfica generada con los datos obtenidos es la siguiente:

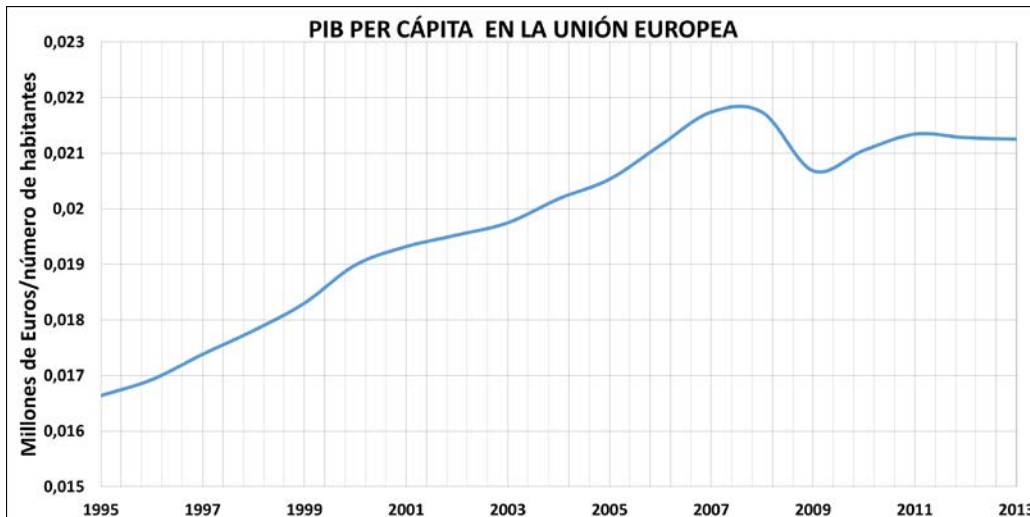


Figura 5.5. Gráfica de la evolución del PIB per cápita de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

En la figura superior, vemos que, hasta el año 2007 el PIB per cápita de la Unión Europea, seguía una tendencia creciente cuyo aumento estaba entre las 0,0003 y 0,0006 unidades al año. Pero a causa de la recesión económica sufrida, este crecimiento se vio truncado y en los dos años posteriores se redujo en 0,00106 unidades, que equivale a una reducción de un 4,87% en el 2009 respecto el 2007. En los años siguientes ha tenido pequeñas variaciones de crecimiento y pérdida hasta alcanzar en estos últimos años una estabilización.

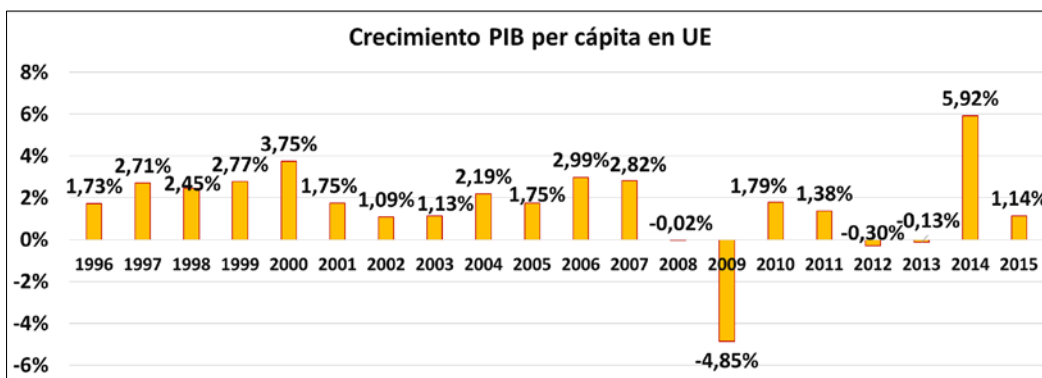


Figura 5.6. Gráfica del porcentaje de crecimiento del PIB per cápita de la Unión Europea respecto del año anterior. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

Hablando de PIB, en la UE en 2014, alcanzó los 13,9 billones de euros, aproximadamente un 6,2 % más que en los Estados Unidos.

La zona del euro (UE-19) supuso el 72,6 % del PIB de UE-28 en 2014, un descenso con respecto al 75,8 % en 2009. En 2014, la suma de las economías de los cinco mayores Estados miembros de la UE (Alemania, Reino Unido, Francia, Italia y España) representó el 71,4 %. Las comparaciones entre países deben hacerse con precaución, ya que las fluctuaciones del tipo de cambio, en particular, pueden influir de forma significativa en la evolución de las cifras del PIB nominal al convertirse a una moneda común. [10]

Aplicando los métodos para generar las proyecciones para el futuro, generamos tres funciones para la variable del PIB, dos generadas con el método matemático-estadístico y una tercera con la predicción de expertos, cuyos datos provienen de Eurostat.

Las cuales, combinadas a las tres que teníamos para la variable población, obtenemos un total de 9 posibles variables, cuya gráfica resultante se muestra a continuación:

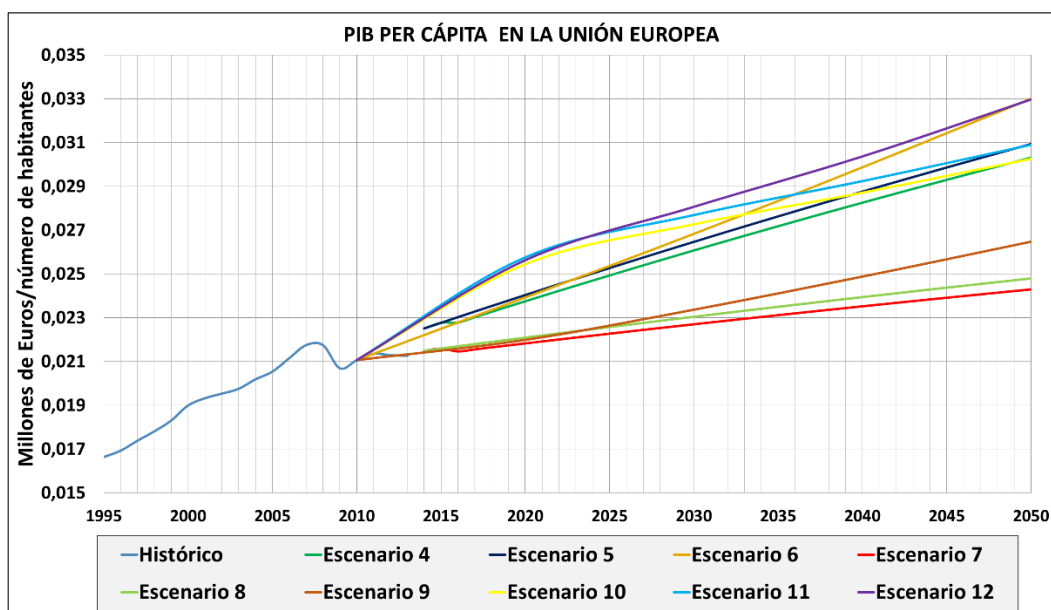


Figura 5.7. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la del PIB per cápita de la Unión Europea. Fuente: Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

	Variable PIB	Variable Población
Escenario 4	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 5	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 6	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	Predicción de expertos (Eurostat)
Escenario 7	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 8	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 9	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009	Predicción de expertos (Eurostat)
Escenario 10	Predicción de expertos (Eurostat)	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 11	Predicción de expertos (Eurostat)	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 12	Predicción de expertos (Eurostat)	Predicción de expertos (Eurostat)

Figura 5.8. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.7 mediante la combinación de ambas funciones que forman el PIB per cápita.
Fuente: Elaboración propia.

De todos los escenarios resultantes, elegiré tres que representen diferentes proyecciones, tales como el escenario 4, el escenario 7 y el escenario 12, para su posterior estudio. La figura 5.8, muestra la combinación de datos tomada para cada escenario.

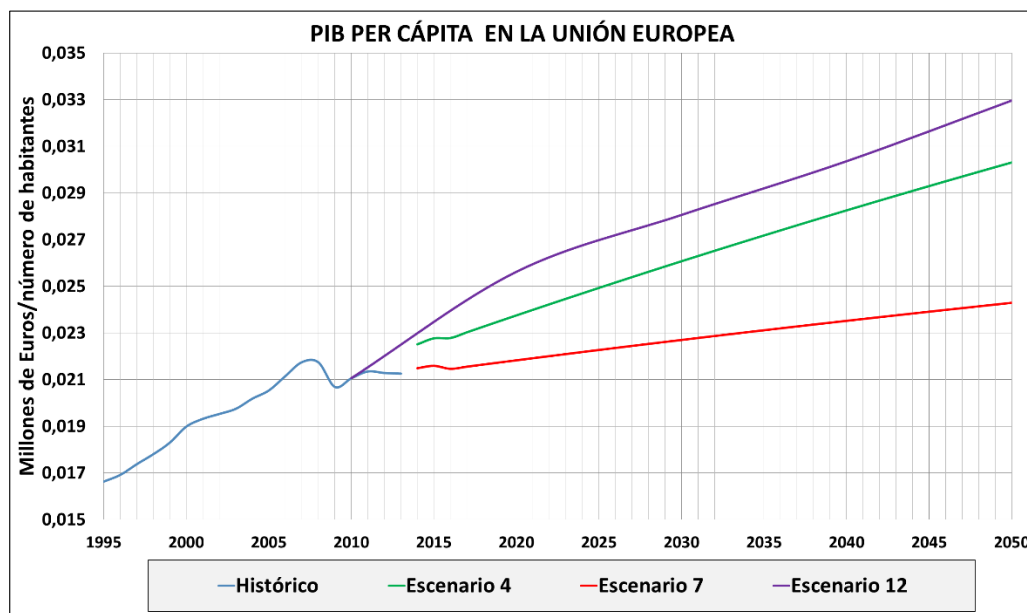


Figura 5.9. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la del PIB per cápita de la Unión Europea. Representando únicamente las proyecciones deseadas para su posterior estudio. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

Analizando una a una, estos tres escenarios elegidos:

El **Escenario 4**, del cual todos sus datos han sido obtenidos de Eurostat, tanto los de la población como los de PIB. Los datos obtenidos, resultan del cociente entre el PIB y la población, ambos obtenidos con el método matemático-estadístico de tendencia lineal mediante el ajuste perfecto usando todos los datos históricos, desde el año 1995 hasta el 2013. La proyección generada tiene una pendiente claramente creciente, pero en menor medida que la histórica global.

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = 0,00022042x - 0,4214435$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,99931$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos.

Según esta predicción el PIB per cápita aumenta constantemente hasta 2050 y lo seguirá haciendo pasado ese año. Para tal año, el PIB per cápita se estima en 0,0303 millones de euros por cada habitante, es decir 30.300 euros por habitante.

Cabe destacar que este valor es una estimación, y únicamente es un factor para estimar la riqueza económica y no el bienestar de la población.

Analizando el **Escenario 7**, de la cual sus datos han sido obtenidos de Eurostat, tanto los de la población como los de PIB. Los datos obtenidos, resultan del cociente entre el PIB y la población, ambos obtenidos con el método matemático-estadístico de tendencia lineal mediante el ajuste perfecto usando todos los datos históricos para la población y los datos desde 2009 para el PIB. La proyección generada tiene una pendiente creciente, pero siendo esa pendiente menor comparandola con la histórica global (datos desde 1992 hasta 2007), y también comparandola las otras dos proyecciones. Es una proyección más moderada que el resto, reflejando la continuación natural lineal del crecimiento del PIB per cápita de los últimos años (datos desde 2007 hasta 2013).

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = 0,00008202x - 0,143810$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9980$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos.

Según esta predicción, el PIB per cápita aumenta constantemente hasta 2050 con la menor de las posibles pendientes obtenidas, pero, aun así, lo seguirá

haciendo pasado ese año. Para tal año, el PIB per cápita se estima en 0,0243 millones de euros por cada habitante, es decir 24.300 euros por habitante.

La última función a analizando, es la designada como **Escenario 12**. Los datos obtenidos, resultan del cociente entre el PIB y la población, ambos obtenidos con las predicciones de expertos extraídos de Eurostat. La proyección generada tiene una pendiente altamente creciente, la cual por el año 2020, se observa que cambia de curvatura y se suaviza algo, generándose una recta más o menos paralela a la de la función 1. Es la proyección más extrema de las generadas.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de tercer grado:

$$y = 0,0000002x^3 - 0,0012323x^2 + 2,5076510x - 1.701,0925678$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9996$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos, casi en el límite mínimo impuesto como aceptable.

Según este escenario, el PIB per cápita aumenta constantemente hasta 2050 con el mayor de los posibles resultados obtenido en este estudio, aun así, lo seguirá haciendo pasado ese año. Para tal año, el PIB per cápita se estima en 0,0330 millones de euros por cada habitante, es decir 33.000 euros por habitante.

A la vista de los resultados obtenidos, el PIB per cápita seguirá creciendo como hasta ahora, en menor o mayor medida, pero aumentado. Obteniendo en 2050 unos valores extremos comprendidos entre los escenarios 4 y 12, cuyos valores son 0,0243 y 0,0330 millones de euros por habitante, respectivamente.

Estas proyecciones futuras pueden ser validas siguiendo las políticas actuales y si no se genera en los próximos años ningún acontecimiento, acción, suceso de gran magnitud que pudiera influir en este factor, como por ejemplo la pasada crisis económica.

También hay que añadir que este factor, ha estado creciendo alrededor de un 2% sobre el año anterior hasta el 2007, cuando ocurrió la crisis económica, y posteriormente ha fluctuado mucho, desde incrementos del 2% hasta disminuciones del 0,2%. Pero en líneas generales como ya mencioné antes, tiene una tendencia al alza, siendo estos valores de recesión años puntuales como consecuencia de lo ocurrido en los últimos años.

5.1.4. INTENSIDAD ENERGÉTICA

Este tercer factor de la Identidad de Kaya, comprende el cociente entre la energía primaria total y el PIB. De un modo genérico, lo que medimos con él es la eficiencia, la cantidad de energía requerida para obtener una unidad de riqueza.

Los datos históricos del PIB recopilados para tal análisis han sido recogidos de la base de datos de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat), mientras que los de la Energía primaria total de la base de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA). Todos ellos son de la suma de los 28 estados miembros de la Unión Europea.

En particular, los datos de la predicción de expertos de la variable energía han sido tomados de un informe del Consejo Mundial de la Energía (WEC, siglas en inglés). [8]

En este informe, hay dos series, las cuales corresponden a dos tipos de escenarios distintos, *Jazz* y *Symphony*. El WEC ha construido dos escenarios que describen el mundo en 2050, que han marcado el *Escenario Jazz* y el *Escenario Symphony* y entre ellos cubrir todos los enfoques para la creación y el consumo de energía.

El escenario *Jazz* se centra en acceso a la energía, la asequibilidad y la calidad de la oferta, mientras que el escenario *Symphony* se centra en la sostenibilidad del medio ambiente y la seguridad energética.

En el informe, estos datos de tendencias del futuro, vienen en unidades de TJ, y con la equivalencia TJ=23,885 ktoe, paso a estas últimas unidades, las cuales son las usadas en este estudio.

En cuanto a las unidades, el PIB, como antes ya se dijo, está en millones de euros, calculados mediante valores de volúmenes encadenados referenciados al año 2000. Cuyos datos están comprendidos entre 1995 y 2013.

Para la energía primaria total, se utilizan las unidades de toneladas de petróleo equivalentes (toe). Unidad de medición de energía y que equivale a la energía de una tonelada de petróleo, la cual varía por su composición química, pero se toma un valor medio de 41,9 GJ. En particular, los datos usados en este estudio están en kilo toneladas de petróleo equivalente (ktoe).

Generando el factor y representado los datos en un gráfico, los datos resultantes del histórico son los siguientes:

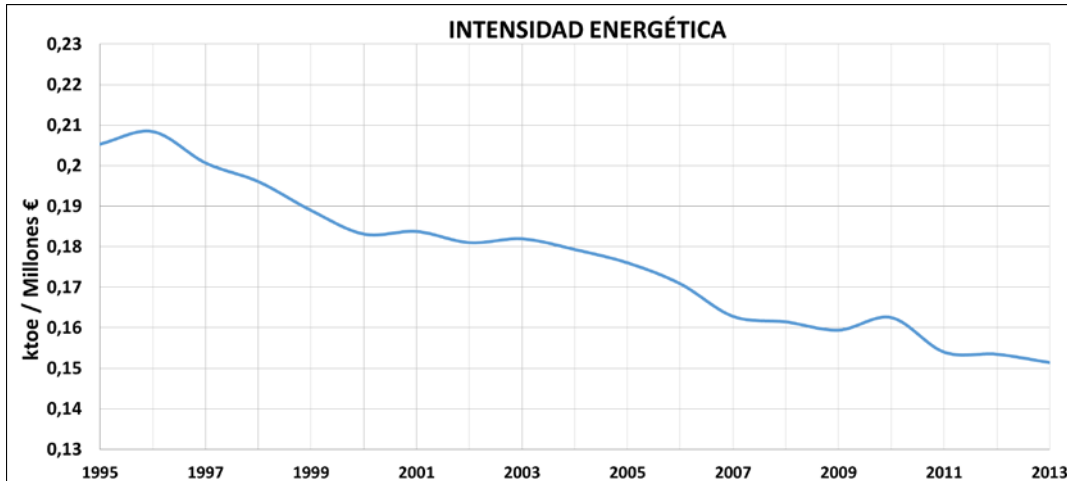


Figura 5.10. Gráfica representativa del histórico de la Intensidad Energética de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat y del IEA.

Aplicando los métodos para generar los escenarios futuros, obtenemos cinco funciones para la variable energía primaria, tres con el método matemático-estadístico, con todos los datos históricos, datos desde 2011 y desde 2003; y dos por predicciones de expertos, cuyos datos provienen del Consejo Mundial de la Energía, con dos escenarios anteriormente explicados, Jazz y Symphony.

Las cuales combinadas a las tres que teníamos para la variable PIB, obtenemos un total de quince posibles escenarios, cuya gráfica resultante se muestra a continuación:

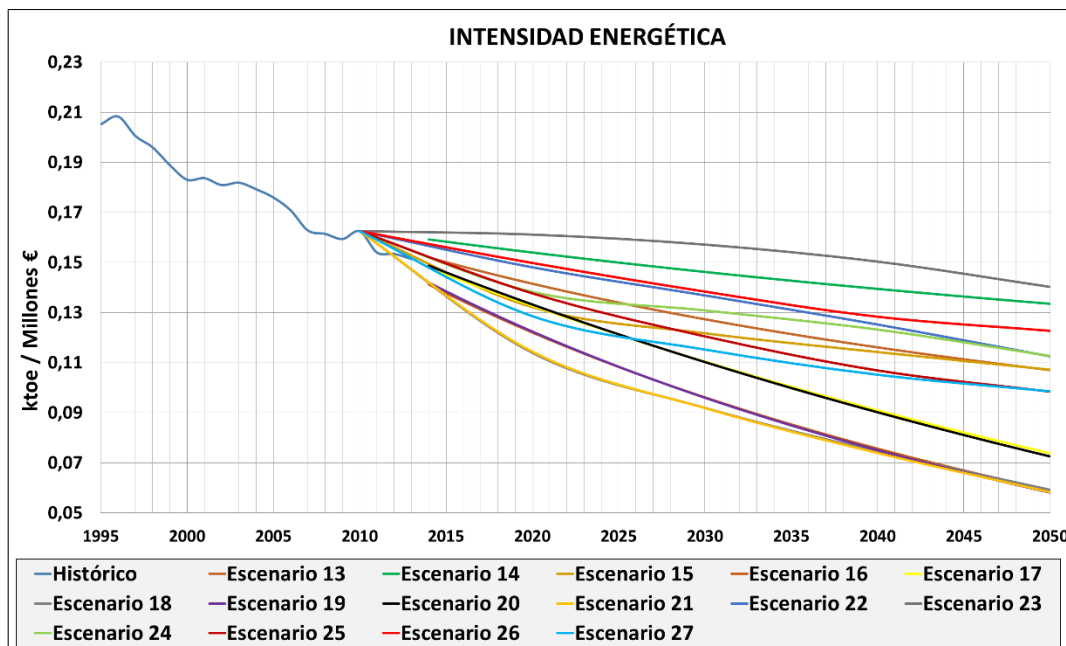


Figura 5.11. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad Energética de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

Los resultados muestran, independientemente del escenario futuro elegido, la intensidad energética descende. De todos los escenarios resultantes, elegiré tres, tales como el escenario 14, el escenario 21 y el escenario 25, para su posterior estudio. La figura 5.12, muestra la combinación de funciones tomadas de cada variable para cada escenario.

	Variable E.Primaria	Variable PIB
Escenario 13	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 14	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 15	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	Predicción de expertos (Eurostat)
Escenario 16	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2011	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 17	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2011	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 18	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2011	Predicción de expertos (Eurostat)
Escenario 19	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 20	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 21	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	Predicción de expertos (Eurostat)
Escenario 22	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 23	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2009
Escenario 24	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)	Predicción de expertos (Eurostat)
Escenario 25	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 26	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003
Escenario 27	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)	Predicción de expertos (Eurostat)

Figura 5.12. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.11 mediante la combinación de ambas funciones de las variables que forman la Intensidad energética. **Fuente:** Elaboración propia.

Tomado únicamente los escenarios deseados, llegamos a la siguiente figura:

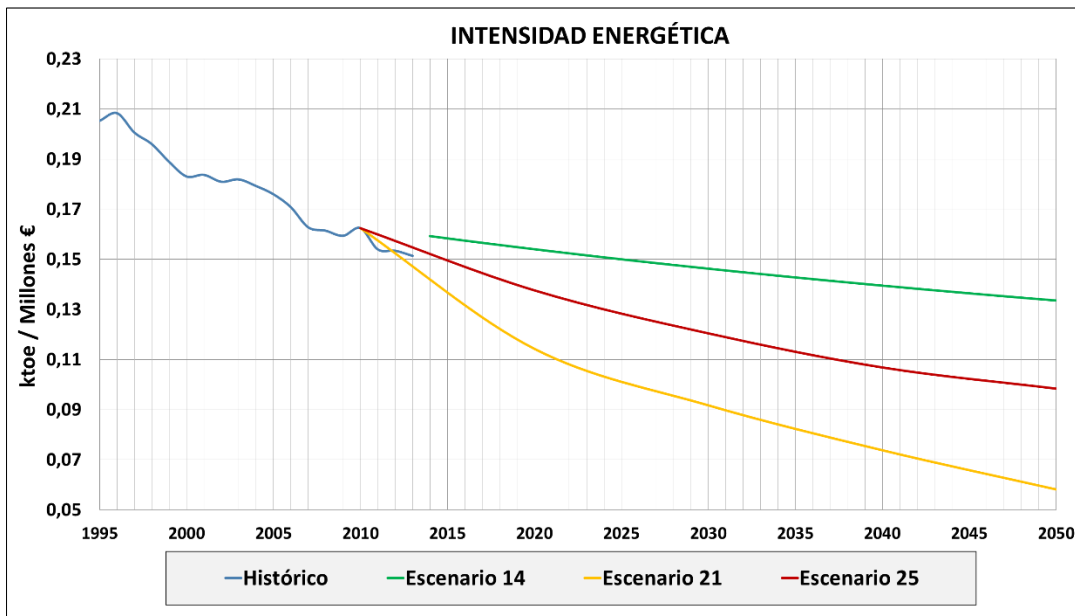


Figura 5.13. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad Energética de la Unión Europea. Representando únicamente las proyecciones deseadas para su posterior estudio. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

Analizando una a una, estos tres escenarios elegidas:

El primera en estudiar es el **Escenario 14**, del cual todos sus datos han sido obtenidos de Eurostat, tanto los de la energía primaria como los del PIB. Los datos obtenidos, resultan del cociente entre la energía primaria y el PIB, ambos obtenidos con el método matemático-estadístico de tendencia lineal mediante el ajuste perfecto usando todos los datos históricos para la variable de la energía primaria y datos desde el 2009 para el PIB. La función generada tiene una pendiente claramente decreciente, pero no muy pronunciada.

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = -0,00071x + 1,59055$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9958$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos, en el límite mínimo impuesto como aceptable.

Según este escenario la intensidad energética desciende linealmente y con poca pendiente hasta 2050 y lo seguirá haciendo pasado ese año. Para tal año, la intensidad energética se estima en 0,1335 kilo toneladas equivalentes de

petróleo por cada millón de euros de producto interior bruto. Este escenario es con el que obtenemos uno de los máximos valores en 2050 de todos los escenarios posibles generadas.

Otra de las funciones elegidas es el **Esenario 21**, del cual todos sus datos han sido obtenidos de Eurostat, tanto los de la energía primaria como los del PIB. Los datos obtenidos, resultan del cociente entre la energía primaria y el PIB, ambos obtenidos con el método matemático-estadístico de tendencia lineal mediante el ajuste perfecto usando los datos históricos desde el 2003 para la variable de la energía primaria y datos de los expertos para el PIB. La proyección generada tiene una pendiente decreciente pronunciada, y en el año 2020 se suaviza algo, pero sigue decreciendo.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de tercer grado:

$$y = - 0,0000019x^3 + 0,0118860x^2 - 24,2314616x + 16.467,5082730$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9993$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos.

Según esta predicción la intensidad energética desciende rápidamente con bastante pendiente hasta 2020, en ese periodo se genera un cambio de pendiente mediante una curvatura de la proyección y genera otra pendiente más moderada. Para el año 2050, la intensidad energética se estima en 0,0582 kilo toneladas equivalentes de petróleo por cada millón de euros de producto interior bruto, algo menos de la mitad que la función 2. Este escenario es con el que obtenemos el mínimo valor en 2050 de todas los escenarios futuros posibles generados.

La última función a estudiar de las seleccionadas es el **Escenario 25**, del cual los datos combinados han sido obtenidos con el método matemático-estadístico de tendencia lineal mediante el ajuste perfecto usando todos los datos históricos para la variable del PIB y datos de predicciones de expertos con el escenario Syphony para la variable energía primaria. La proyección generada tiene una pendiente decreciente, con una curvatura cóncava.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = 0,00002592x^2 - 0,10682972x + 110,16618379$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9958$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos, casi en el límite mínimo impuesto como aceptable.

Según este escenario la intensidad energética desciende parabólicamente y cuyo mínimo parabólico es posterior al 2050. Supongo que relamente en algún momento posterior a tal año, y antes de ese mínimo, la curvatura cambiará y dejara de seguir esta tendencia que la llevaría a crecer, para continuar decreciendo. Para ese año puesto como objetivo del estudio, la intensidad energética se estima en 0,0984 kilo toneladas equivalentes de petróleo por cada millón de euros de producto interior bruto. Un valor intermedio de los dos anteriormente obtenidos.

A grandes rasgos, se aprecia claramente que la intensidad energética está decreciendo, el cual es uno de los objetivos primordiales de la Unión Europea, hacer cada vez más eficiente esa producción de energía.

Obteniendo en 2050 unos valores extremos comprendidos entre los escenarios 14 y 21, cuyos valores obtenidos son 0,1335 y 0,0582 kilo toneladas equivalentes de petróleo por cada millón de euros de producto interior bruto respectivamente.

He de añadir, que existe una proyección generada con la que obtenemos un valor mayor para el 2050 que con el escenario 14 estudiada, es el denominado escenario 18, pero no le he tenido en cuenta en el estudio por su curvatura, ya que es una curvatura convexa, cuya ecuación es:

$$y = -0,0000145x^2 + 0,0580962x - 58,250434$$
$$R^2 = 0,9999$$

El inicio de tal curva no me parecía muy adecuado acorde con el fin de la histórica, además que personalmente, me parece que las proyecciones han de seguir curvas cóncavas y no convexas, aparte que con este escenario se obtenían valores muy altos a lo largo del tiempo.

Otro argumento personal para validar mi idea de curvaturas convexas, es el pensar que esa reducción actual de la intensidad energética no se va a poder mantener a este ritmo mucho tiempo. Va a llegar un punto en el cual va a costar mucho mejorar la eficiencia de esa generación de energía, cada vez con un mayor esfuerzo económico, de investigación, de acciones, modernizaciones y cambios, obtendremos un peor resultado de mejora. Por ello, pienso que es ahora cuando se va a poder reducir más, y en un futuro esa reducción decaerá, es decir ahora las curvas tendrán más pendiente que dentro de unos años.

En cualquier caso, la Unión Europea está apostando e invirtiendo fuertemente por esta reducción para combatir las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.1.5. INTENSIDAD DE CARBONIZACIÓN

Es la última de las cuatro variables a analizar en la ecuación de la Identidad de Kaya. La cual comprende el cociente entre las emisiones de CO₂ equivalentes y la energía primaria total.

Los datos históricos recopilados de la variable de la energía primaria provienen de la base de datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA), son los usados en el punto anterior. Mientras que los datos históricos de las emisiones de CO₂ son de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat). En el apartado siguiente, 5.2., se explicarán brevemente que sectores han sido incluidos en los datos tomado en la variable de emisiones de dióxido de carbono equivalente.

En cambio, los datos de las predicciones de expertos se han tomado de otra fuente, para la energía primaria, ya expuesto anteriormente; se ha usado un informe del Consejo Mundial de la Energía (WEC, siglas en inglés) [8]. Mientras que para las emisiones de dióxido de carbono equivalentes un informe de la comisión europea, [6] en el cual se plantean dos escenarios posibles, los nombrados en este estudio como escenario *Objetivo* y escenario *Previsión*.

El escenario *Objetivo*, está construido en base al objetivo, mediante el cual, realizando las medidas oportunas y necesarias no sobrepasar en el año 2050 un aumento de la temperatura terrestre global, en más de 2°C. Lo que se traduce en una tendencia que se debiera seguir para llegar al objetivo planteado para 2050, una reducción entre un 80% y un 95% respecto niveles de 1990.

En cambio, el escenario *Previsión*, plantea un futuro mediante los resultados que obtendremos manteniendo las políticas que se están aplicando actualmente, en el año 2011, según la Unión Europea. Cuyo descenso de emisiones para el año 2050, se sitúa en torno al 40% respecto niveles de 1990.

Las unidades mediante las que se muestran las variables son millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes (Mt CO₂ eq) entre kilo toneladas equivalentes de petróleo (ktoe). Es decir, medimos la cantidad de emisiones de dióxido de carbono equivalentes que se genera por cada unidad de energía generada, medida en toneladas de petróleo equivalente.

Generando el factor y representado los datos en un gráfico, los datos resultantes del histórico son los siguientes:

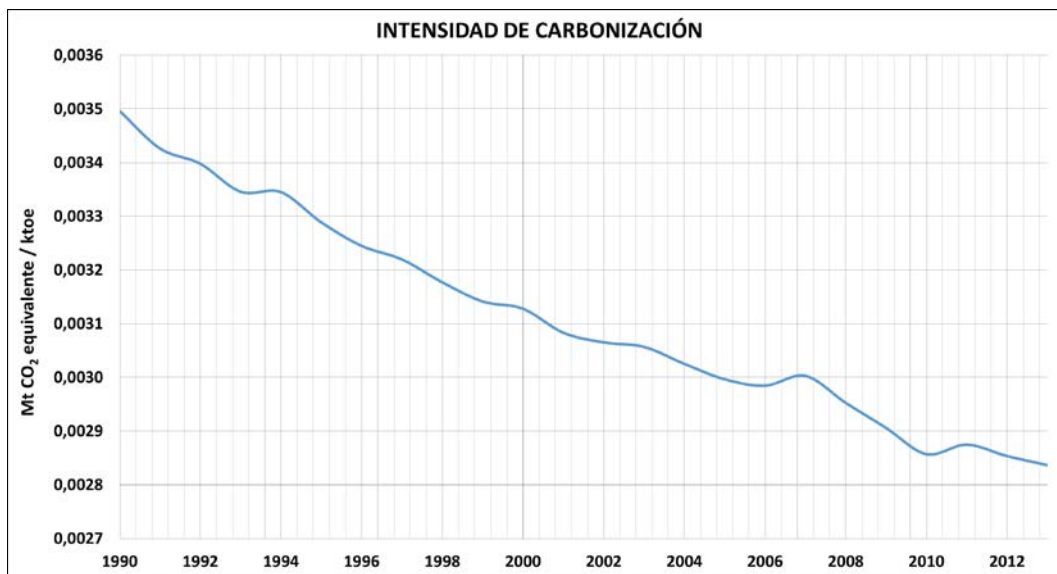


Figura 5.14. Gráfica representativa del histórico de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea. **Fuente:**Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

Aplicando los métodos para generar los escenarios para el futuro, generamos cuatro funciones para la variable emisiones de CO₂ equivalentes, dos con el método matemático-estadístico, con todos los datos históricos y datos desde 2003; y dos por predicciones de expertos, cuyos datos provienen del Consejo Mundial de la Energía, con dos escenarios uno *Objetivo* y otro *Previsión*.

Para la variable energía primaria, no usaremos las mismas funciones que antes, eliminaremos una, y por tanto nos quedamos con cuatro proyecciones para la variable energía primaria, dos con el método matemático-estadístico, con todos los datos históricos y datos desde 2003; y dos por predicciones de expertos, cuyos datos provienen del Consejo Mundial de la Energía, con dos escenarios anteriormente explicados, *Jazz* y *Symphony*.

Combinando todas ellas entre sí, obtenemos un total de dieciséis posibles escenarios, cuya gráfica resultante se muestra en la figura 5.15.

Los resultados muestran, independientemente del escenario elegido, la intensidad de carbonización desciende, salvo por dos escenarios en particular, los escenarios 29 y 41, las cuales son tendencias crecientes. De todas las proyecciones resultantes. Se puede apreciar que para el año 2050, se generan cuatro grupos de valores similares de las diferentes proyecciones, alguno con más curvas que otros, pero claramente son cuatro zonas bien diferenciadas.

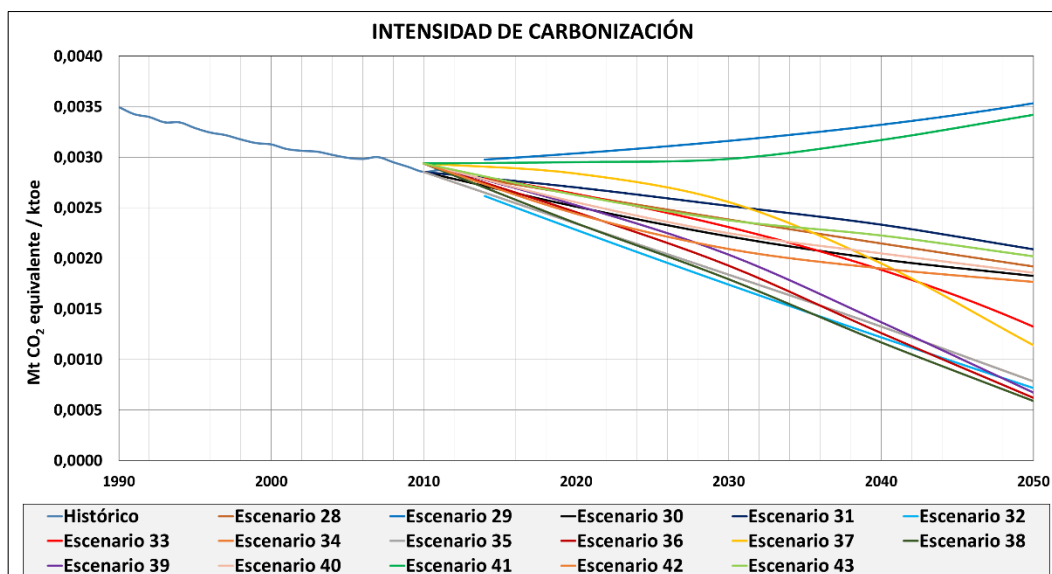


Figura 5.15. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

Elegiré cuatro que representen diferentes escenarios, una de cada una de esas zonas, tales como el escenario 33, el escenario 39, el escenario 4 y el escenario 42, para su posterior estudio. La figura 5.16, muestra la combinación de datos tomada para cada función.

	Variable Emisiones CO2 equivalentes	Variable E.Primaria
Escenario 28	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 29	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003
Escenario 30	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)
Escenario 31	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)
Escenario 32	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 33	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003
Escenario 34	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)
Escenario 35	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)
Escenario 36	Predicción de expertos (Escenario OBJETIVO)	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 37	Predicción de expertos (Escenario OBJETIVO)	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003
Escenario 38	Predicción de expertos (Escenario OBJETIVO)	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)
Escenario 39	Predicción de expertos (Escenario OBJETIVO)	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)
Escenario 40	Predicción de expertos (Escenario PREVISION)	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 41	Predicción de expertos (Escenario PREVISION)	T.Lineal Ajuste perfecto, datos desde el 2003
Escenario 42	Predicción de expertos (Escenario PREVISION)	Predicción de expertos (Escenario JAZZ)
Escenario 43	Predicción de expertos (Escenario PREVISION)	Predicción de expertos (Escenario SYMPHONY)

Figura 5.16. Tabla aclarativa del significado de cada función de la figura 5.15 mediante la combinación de ambas variables que forman la Intensidad de carbonización. **Fuente:** Elaboración propia.

Tomado únicamente las funciones deseadas, llegamos a la siguiente figura:

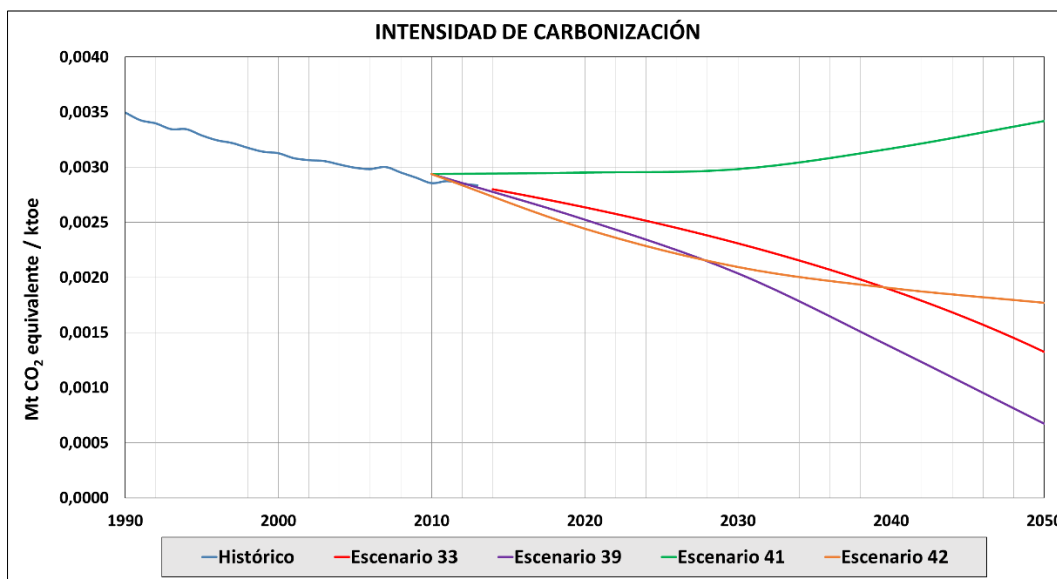


Figura 5.17. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea. Representando únicamente los escenarios deseados para su posterior estudio. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

Como en el resto de factores, analizando uno a uno, estos cuatro escenarios elegidos:

Viéndolas por orden, el primero es el **Escenario 33**, cuyos datos de ambos factores han sido generados mediante el método matemático de tendencia lineal mediante ajuste perfecto con datos desde el año 2003. La proyección generada tiene una pendiente decreciente, al igual que el histórico, con cierta curvatura convexa.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = - 0,00000053x^2 + 0,00210331x - 2,09391586$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,99976$; significa un ajuste prácticamente perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la evolución del escenario observamos una tendencia decreciente siguiendo perfectamente la descrita hasta entonces por el histórico, pero siendo cada vez más pronunciado ese descenso, siendo una curva convexa, hasta llegar en 2050 a un valor de 0,00132 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada kilo tonelada de petróleo equivalente usada.

Otro de ellos es el **Escenario 39**, cuyos datos de ambos factores han sido generados mediante las predicciones de expertos, cada uno de diferentes informes de diferentes fuentes, ya explicadas anteriormente [6] [8]. La proyección generada tiene una pendiente decreciente, al igual que el histórico, con cierta curvatura convexa.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = -0,00000053x^2 + 0,00211084x - 2,08278318$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,99966$; significa un ajuste prácticamente perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la evolución del escenario observamos una tendencia decreciente siguiendo perfectamente la descrita hasta entonces por el histórico, pero siendo cada vez más pronunciado ese descenso, obteniendo una curva convexa. Es una curva igual que la generada en la función 6 anteriormente descrita, pero con un mayor grado de pendiente, por lo que llegamos a un valor aun inferior en el año 2050; 0,00074 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada kilo tonelada de petróleo equivalente usado. Este valor es uno de los más pequeños obtenidos con todas las combinaciones de datos usados en el estudio. Hay alguna proyección mediante la cual llegamos a valores más inferiores, pero muy similares.

Otro de ellos es el **Escenario 42**, cuyos datos de ambas variables han sido generadas mediante las predicciones de expertos, cada uno de diferentes informes de diferentes fuentes, ya explicadas anteriormente [6] [8]. La proyección generada tiene una pendiente decreciente, al igual que el histórico, con cierta curvatura cóncava.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = 0,00000063x^2 - 0,00259071x + 2,66093037$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9989$; significa un ajuste prácticamente perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la evolución del escenario observamos una tendencia decreciente siguiendo perfectamente la descrita hasta entonces por el histórico, pero siendo cada vez más pronunciado ese descenso, siendo una curva cóncava. Es una curva al igual que las anteriores que se acopla perfectamente al histórico pero con una excepción, su curvatura es opuesta, en vez de ser convexa, es cóncava, por lo que llegamos a un valor final para el año 2050 muy superior a los dos anteriormente descritos, 0,00177 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada kilo tonelada de petróleo equivalente usado.

He dejado para el final, el **Escenario 41**, el cual es especial, porque junto con el escenario 29, son los únicos que poseen una tendencia creciente del índice de carbonización.

Los datos de la variable energía primaria han sido generados con el método matemático usando datos desde 2003, y en cambio, la variable CO₂ ha sido generada mediante predicciones de expertos con el escenario de Previsión. La proyección generada tiene una pendiente decreciente, al igual que el histórico, con una curvatura cóncava.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de tercer grado:

$$y = 0,0000000038x^3 - 0,000022465x^2 + 0,044703866x - 29,645209030$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9955$; significa un ajuste muy bueno de la línea generada con los datos, en el límite mínimo impuesto como aceptable.

Observando la evolución del escenario vemos una tendencia claramente creciente, el cual se acopla perfectamente a la curva del histórico generando una parábola cóncava, cuyo mínimo está situado en estos años pasados, 2012. Por lo que actualmente el índice de carbonización está empezando a aumentar y a medida que pase el tiempo lo hará más pronunciado hasta llegar en 2050 a un valor de 0,00342 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada kilo tonelada de petróleo equivalente usado.

A modo de conclusión, tras los resultados expuestos para la variable intensidad de carbonización, la gran mayoría de proyecciones describen escenarios en los que este factor desciende, salvo los dos mencionados antes de los cuales se ha analizado uno de ellos, el escenario 41.

La media de descenso anual del índice de carbonización desde el 2000 hasta el 2008 fue un 0,56% respecto del año anterior, en cambio, desde dicho año hasta el presente (año 2013) es de un descenso del doble, 1,01%, aun habiendo algún año pobre e incluso en el 2011 aumentó. Lo que refleja que este descenso cada vez se agrava más. Si aplicamos esta última media de 1,01%, en los próximos años obtenemos para el año 2050 un valor de 1,95 toneladas de dióxido de carbono equivalente entre toneladas de petróleo equivalente; y que equivale a un descenso de un 34,72%.

Analizando los valores obtenidos para 2050, vemos que el índice de carbonización estará comprendido entre 0,674 y 1,770 toneladas de dióxido de carbono equivalente entre toneladas de petróleo equivalente (escenarios 39 y 42). A modo de referencia el pasado año 2013, se generó un valor de 2,836 t CO₂ entre toe. Eso equivale un descenso del índice de carbonización comprendido entre un 55,69% y un 40,75% respecto al año 2013.

Por otro lado, están los datos que refleja el escenario 41, los cuales reflejan que el índice de carbonización aumenta, llegando en el año 2050 un valor de 3,42 t CO₂ entre toe, y un aumento de un 14,60% respecto el 2013.

Personalmente, he apartado este escenario por esto mismo, porque en vez de reducirse el factor, aumenta, cosa que a nivel personal creo que es improbable, ya que es un factor clave en conseguir frenar el cambio climático y cumplir los objetivos propuestos por la Unión europea para el año 2020 y 2050 así como en los acuerdos de Kioto 1997 y Paris 2016; para los cuales, su primera herramienta para reducir el efecto invernadero y cambio climático, es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

5.2. FUTUROS ESCENARIOS PARA LA UNIÓN EUROPEA

5.2.1. OBTENCION DE EMISIONES DE CO₂ EQUIVALENTE MEDIANTE LA IDENTIDAD DE KAYA

En este apartado se obtendrá las previsiones de emisiones de dióxido de carbono equivalente, a través de las diferentes gráficas obtenidas en el apartado anterior con los escenarios obtenidos, y se analizará.

Los datos históricos recopilados para tal análisis se han recogidos de la base de datos de la Oficina Europea de Estadística (Eurostat). Cuyos datos obtenidos son la suma de los datos de los 28 estados miembros que la integran. Y se expresan en unidades de millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

En estos datos se incluye la correspondiente parte proporcional de cada estado miembro de las emisiones debidas a la aviación internacional. Pero quedan excluidos de tal análisis, los datos debidos a impacto y uso de la tierra, sus cambios de uso y silvicultura (LULUCF, siglas en inglés). Es decir, la tala y quema de bosques para su posterior uso para pastos y agricultura.

Los sectores incluidos en emisiones de gases de efecto invernadero debido a su actividad, son la industria energética, la industria de fabricación y productos, el transporte en el que está incluida la aviación internacional, la industria de proceso y producto, la agricultura y la gestión de residuos.

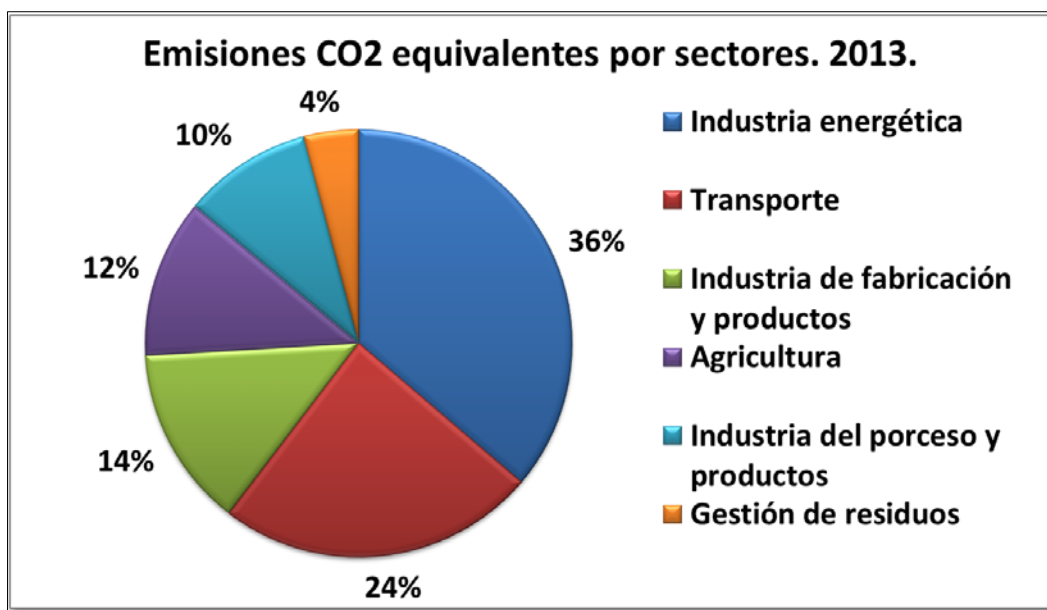


Figura 5.18. Gráfica del porcentaje de emisiones de dióxido de carbono equivalente por sectores en la Unión Europea para el año 2013. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

La figura superior muestra un estudio más profundo acerca de qué porcentaje de emisiones corresponde a cada sector que las genera.

Donde vemos que el sector de la industria energética genera algo más de un tercio de las emisiones totales. Le sigue el transporte, siendo casi un cuarto del total, el cual me parece un poco escaso estando incluida la aviación internacional.

Dos cuestiones acerca de este reparto de sectores: la primera es que puede que en la industria energética se incluya el transporte propio de la misma, y no esté incluido en el sector transporte; esto puede explicar la duda planteada en el párrafo anterior. Pero en la información de la base de datos no aclaraba nada de esto.

La otra reside en la idea de los productos manufacturados, en Europa cada vez importamos más productos fabricados en Asia, por lo que claramente esas emisiones se reducen en Europa, pero se generan en Asia. Existe un gran debate acerca de este hecho, sobre a quién se le han de imputar estas emisiones generadas, si al país productor del producto o al consumidor. Actualmente, estas emisiones recaen en el país productor.

Es de recordar nuestro objetivo, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Y esta variable equivale al producto de cuatro factores, los cuatro factores de la identidad de Kaya: población, PIB per cápita, intensidad energética e intensidad de carbonización.

En este punto trabajaremos con eso, reducir o aumentar esos factores para ver cómo se comportan esas emisiones.

A modo de recordatorio, la ecuación de la identidad de Kaya es:

$$C = \frac{C}{EP} \cdot \frac{EP}{PIB} \cdot \frac{PIB}{POB} \cdot POB$$

Las cuatro gráficas que representan los factores de la identidad de Kaya con las diversas proyecciones futuras elegidas, son:

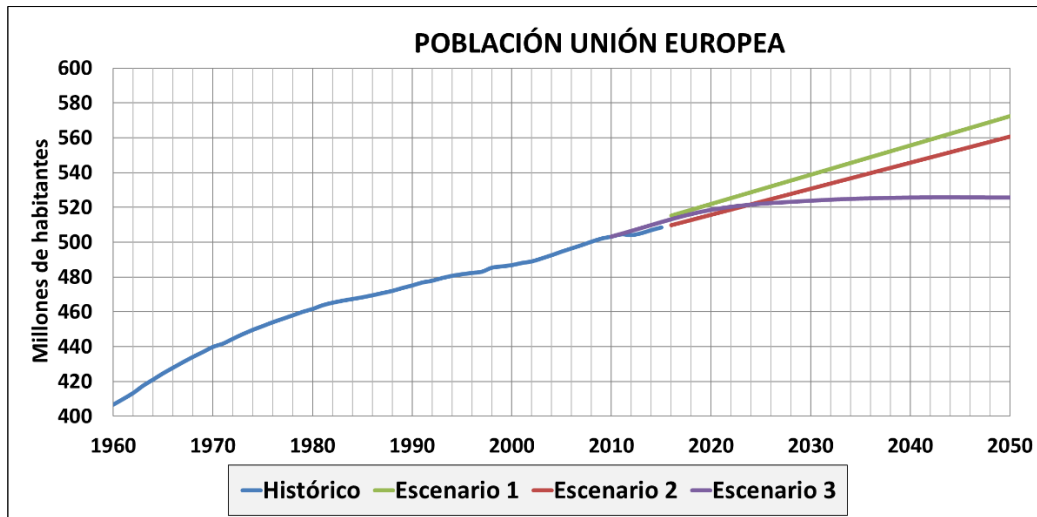


Figura 5.4. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la población de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

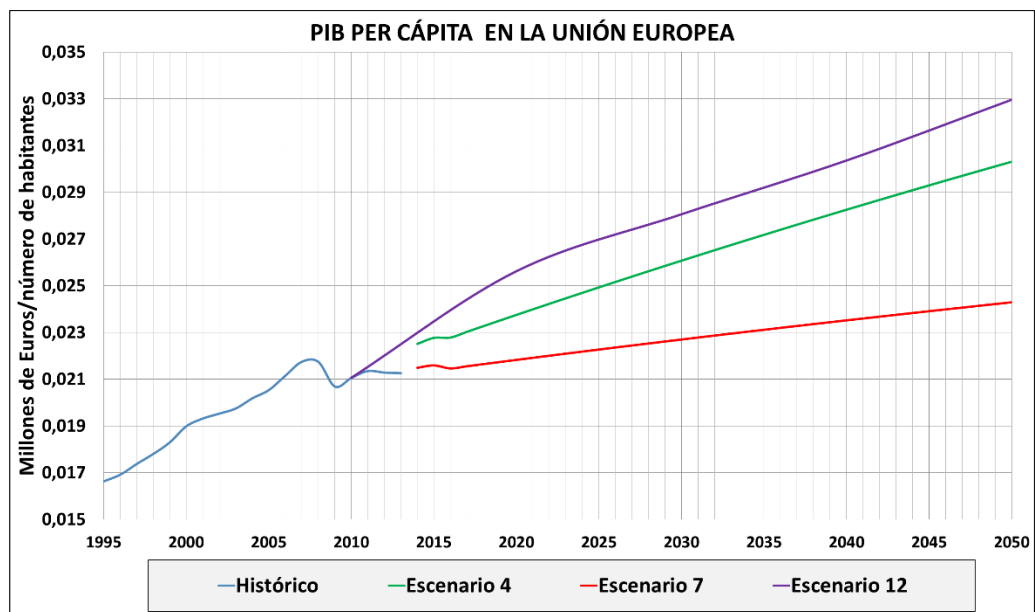


Figura 5.9. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la del PIB per cápita de la Unión Europea. Representando únicamente las proyecciones deseadas para su posterior estudio. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

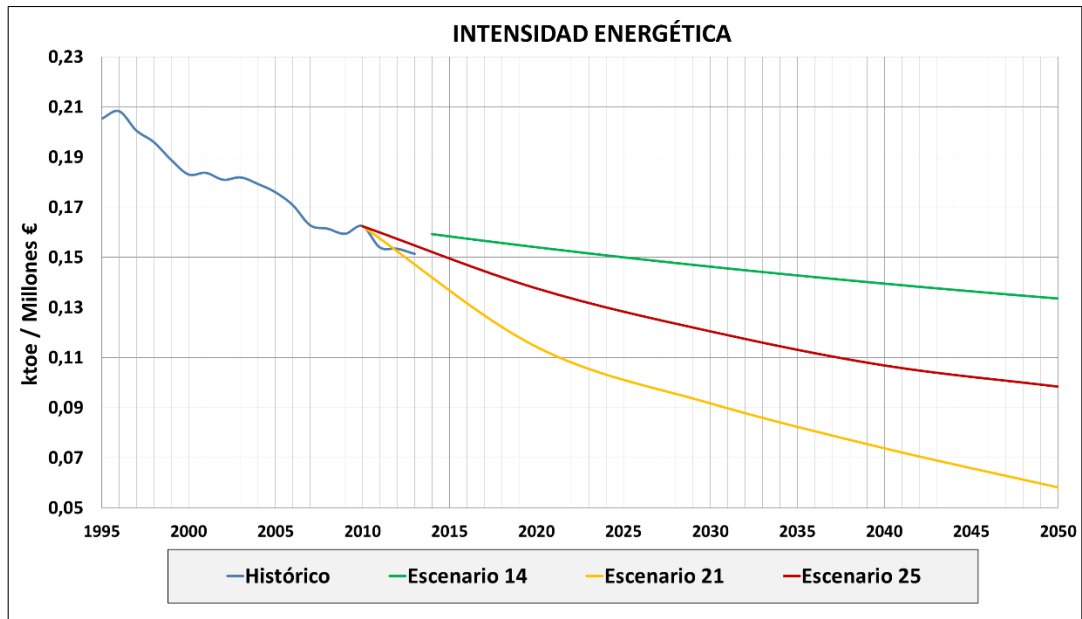


Figura 5.13. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad Energética de la Unión Europea. Representando únicamente las proyecciones deseadas para su posterior estudio. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

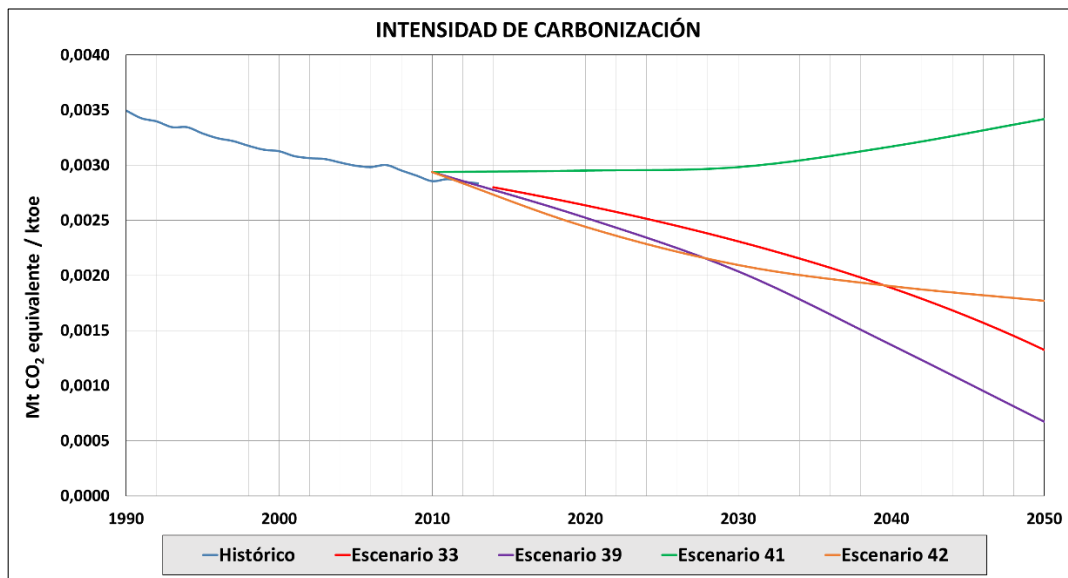


Figura 5.17. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de la Intensidad de carbonización de la Unión Europea. Representando únicamente los escenarios deseados para su posterior estudio. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

El estudio que se va realizar a continuación consiste en ir combinando todos los posibles escenarios de cada factor que integra la Identidad de Kaya, combinar todas las proyecciones de las cuatro gráficas, para obtener todas las posibles combinaciones disponibles.

Tenemos tres gráficas con tres posibles escenarios cada una, y una cuarta gráfica con cuatro. Por lo que salen un total de 108 combinaciones de posibles futuros escenarios que seguirían las emisiones de dióxido de carbono equivalente. No voy a calcular ni estudiar todas, elegiré ciertos escenarios de cada factor para sacar unas pocas proyecciones para el posterior análisis. Tales como, el valor más alto posible, el menor, la combinación de todos los factores obtenidos mediante el método matemático de mínimos cuadrados, otro mediante la combinación de todos los factores obtenidos mediante las predicciones de expertos y un quinto eligiendo las proyecciones de cada factor por opinión personal sobre la idea que yo tengo acerca de las tendencias que preveo que van a seguir cada uno de los factores.

La siguiente tabla muestra de forma esquemática las diferentes variables elegidas de cada factor, combinándolas para crear las variables deseadas:

	Población	PIB per cápita	I. energética	I. carbonización
Escenario Máximo	Escenario 1	Escenario 12	Escenario 14	Escenario 42
Escenario Mínimo	Escenario 3	Escenario 7	Escenario 21	Escenario 39
Escenario Matemática	Escenario 1	Escenario 4	Escenario 14	Escenario 33
Escenario Expertos	Escenario 3	Escenario 12	Escenario 25*	Escenario 39
Escenario Personal	Escenario 2	Escenario 4	Escenario 25	Escenario 42

*Figura 5.19. Tabla aclarativa de la combinación de los diferentes escenarios de cada factor para crear los escenarios de las emisiones de dióxido de carbono. * Nota el escenario 25 no llega a ser únicamente combinación de variables de expertos, es una combinación de expertos con el método matemático. Fuente: Elaboración propia.*

Con estas combinaciones obtenemos los resultados, los cuales son mostrados en la siguiente gráfica:

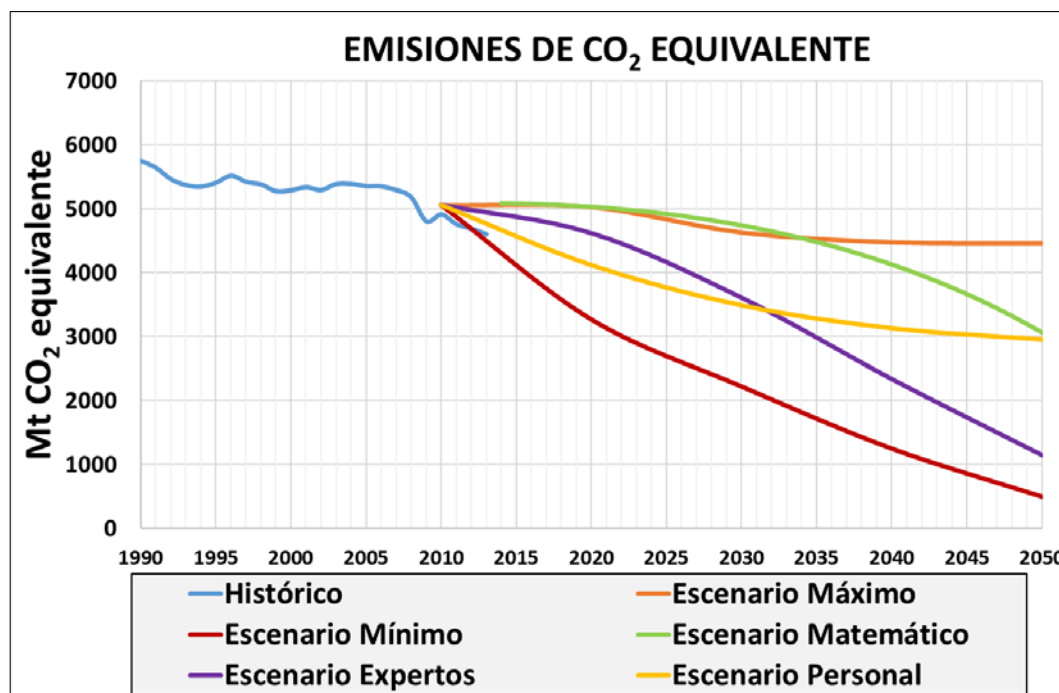


Figura 5.20. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

Aun no calculando todas las posibles combinaciones, las 108, como se han calculado la máxima y la mínima, todas ellas han de estar dentro de ese abanico de posibilidades, por lo que no aportaría mucho al estudio el analizar cada una de las 108 proyecciones, ya que todas ellas están en el intervalo comprendido entre el escenario máximo y el escenario mínimo.

También he de añadir, para el cálculo del escenario máximo en especial, no se ha tenido en cuenta en el factor de la proyección de la intensidad de carbonización, llamado escenario 41, la cual describía una curva atípica en la que aumentaban los niveles, en vez de reducirse.

A continuación, se analizarán cada uno de los posibles escenarios obtenidos y posteriormente en su conjunto para obtener las conclusiones pertinentes.

Escenario Máximo, resulta de la combinación de los escenarios máximos estimadas de cada una de los cuatro factores de la ecuación. Cuya combinación está reflejada en la figura 5.19, y la explicación de la obtención de cada una de las variables dentro de cada uno de los cuatro factores, en los respectivos apartados de la obtención de cada factor.

Se aprecia una leve subida en los próximos cinco años. Es en el año 2020 cuando comienzan a descender las emisiones, pero durante apenas diez años, para posteriormente estancarse en los valores actuales. Sería un escenario sin una evolución clara en el que se emitiría lo mismo que actualmente.

La ecuación obtenida es una ecuación polinómica de cuarto grado, debido a un cambio de curvatura:

$$y = -0,00304x^4 + 24,73843x^3 - 75.455,91933x^2 + 102.287.305,26377x - 51.996.139.490,17910$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 1,0$; significa un ajuste perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la curva que describe la proyección, observamos que, en este segundo decenio de siglo, sigue valores próximos a los obtenidos antes de la recesión económica con un leve aumento, decayendo posteriormente y teniendo un cambio de curvatura en 2025 para volver a estabilizarse en valores de los últimos años, 4450 millones de toneladas de CO₂ equivalente, siendo 4600 unidades en 2013, prácticamente no se ha obtenido un descenso de las emisiones.

La función opuesta es el **Escenario Mínimo**, el cual, resulta de la combinación de los escenarios mínimos estimadas de cada una de los cuatro factores de la ecuación. Cuya combinación está reflejada en la figura 5.19, y la explicación de la obtención de cada una de las variables dentro de cada uno de los cuatro factores, en los respectivos apartados de la obtención de cada factor.

Es un escenario con un brusco decaimiento, el cual se suaviza un poco a partir de 2020, pero, en cualquier caso, no tiene una homogeneización con la curva de los datos históricos.

A modo informativo, la ecuación obtenida es una ecuación polinómica de tercer grado:

$$y = -0,0438x^3 + 268,0154x^2 - 547.286,9346x + 372.574.223,6288$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9992$; significa un ajuste prácticamente perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la curva que describe la proyección, observamos un claro descenso en las emisiones, el cual no sigue la tendencia actual, sino una más acusada, llegando a 500 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Personalmente, opino que esta curva no describe para nada la realidad, es excesivamente ideal.

Aunque también cabe destacar, que este escenario mínimo no tiene por objetivo ser un claro candidato a reflejar la realidad, sino a hacernos una idea de lo óptimo que podríamos obtener, del mínimo al que llegaríamos. Ya que eso no quiere decir que llegemos a ello.

Otro de ellos es el **Escenario Matemático**, el cual, resulta de la combinación de las proyecciones calculadas mediante la estimación matemática por tendencia lineal de ajuste perfecto, de cada una de los cuatro factores de la ecuación. Cuya combinación está reflejada en la figura 5.17, y la explicación de la obtención de cada una de las variables dentro de cada uno de los cuatro factores, en los respectivos apartados de la obtención de cada factor.

Globalmente es un escenario decreciente, pero con matices, ya que al principio se comporta como la función de máximo, hasta el 2020 decrece y ahí es cuando comienza a diferir de esta, apreciándose un descenso leve y aumentado ese descenso cada vez más a medida que avanzan los años, llegando a 1500 unidades por debajo de la función máximo.

A modo informativo, la ecuación obtenida es una ecuación polinómica de tercer grado:

$$y = -0,01909x^3 + 114,58552x^2 - 229.307,04584x + 152.964.350,18971$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 1,0$; significa un ajuste perfecto de la línea generada con los datos.

Observando los resultados obtenidos, vemos que es una parábola convexa, cuyo máximo está en los años pasados, y comienza a decaer, actualmente apenas se aprecia ese descenso de emisiones de CO₂ equivalente, pero a medida que avanzamos en el tiempo esa pendiente aumenta, llegando a 3000 millones de toneladas de CO₂ equivalente. A título personal, y por lo mostrado en los años venideros, no creo que refleje muy bien la realidad a corto plazo, pues actualmente se están reduciendo bastante esas emisiones.

El **Escenario Expertos**, refleja la combinación de las proyecciones calculadas mediante las predicciones de expertos, de cada una de los cuatro factores de la ecuación. Los datos son tomados de diferentes fuentes, Eurostat, IEA y del Consejo Mundial de la Energía.

Al igual que los demás, globalmente es un escenario decreciente. Es una curva cóncava, con forma de campana invertida, por lo que, al principio se comporta con un leve descenso, hasta el 2020, cuando comienza a aumentar cada vez

más a medida que avanzan los años, llegando a 1150 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

A modo informativo, la ecuación obtenida es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = -1,25461x^2 + 4.992,67915x - 4.961.412,847521$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9960$; significa un buen ajuste de la línea generada con los datos, casi en el límite mínimo impuesto como aceptable.

Observando los resultados obtenidos, vemos que es una parábola convexa, cuyo máximo está en los años pasados, y actualmente comienza a decaer, pero es leve ese descenso de emisiones de CO₂ equivalente. A medida que avanzamos en el tiempo esa pendiente aumenta, teniendo en el año 2020 un cambio más intenso de descenso. Obteniendo en el año 2050, 1150 millones de toneladas de CO₂ equivalente. A título personal, y por lo mostrado en los años venideros, no creo que refleje muy bien la realidad a corto plazo, pues actualmente se están reduciendo bastante esas emisiones.

El último escenario estudiado de todos es el **Escenario Personal**, el cual, es combinación de las proyecciones de cada una de los cuatro factores de la ecuación, elegidas por mi mediante ideas personales de cuáles serán los posibles escenarios para cada factor dentro de los ya creados y analizados. No he elegido una de las 108 posibles proyecciones disponibles, sino cada una de las proyecciones de los cuatro factores de la ecuación y he operado con ellas mostrando el resultado aquí expuesto. La combinación está reflejada en la figura 5.19.

Es un escenario con un claro descenso, el cual se suaviza un poco a partir de 2020. A mi parecer, tiene homogeneización con la curva de los datos históricos.

A modo informativo, la ecuación obtenida es una ecuación polinómica de segundo grado:

$$y = 1,28308x^2 - 5.261,26477x + 5.396.405,86028$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9994$; significa un ajuste prácticamente perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la curva que describe la proyección, observamos un claro descenso en las emisiones, homogeneizando con la curva del histórico. El valor obtenido de emisiones para 2050, es prácticamente idéntico al obtenido con la función matemática, solo que el camino descrito por ambas curvas difiere mucho. La solución son 2300 millones de toneladas de CO₂ equivalente que se prevé emitir.

Viendo los resultados mostrados mediante la gráfica, observamos claramente que las emisiones de dióxido de carbono en la Unión europea están descendiendo. En mayor o menor medida, pero descendiendo.

Tras los resultados obtenidos, nos movemos entre un descenso del 3,4% y el 89% respecto los valores de 2013 de emisiones, en términos de unidades equivalen a un intervalo entre 4450 y 500 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Lo que no refleja mucho, ya que existe un abanico en el que nos movemos de 85,6 puntos posibles sobre 100 en cuanto a reducción de emisiones, ya que un crecimiento se tiene en cuenta.

Personalmente pienso que ambos, son valores erróneos, y no se van a alcanzar, por ser excesivo y deficiente. Aun que nos valen para ver los límites posibles en este estudio, y los márgenes por donde nos movemos.

Las 106 posibilidades restantes, todas están dentro de estos márgenes. De los que elegí tres, llamados escenario matemático, de expertos y personal. Cuyos resultados y porcentaje respecto el 2013, para el año 2050 son: 33,6% y 3000 unidades; 75,1% y 1150 unidades; 35,9% y 2300 unidades, respectivamente.

Independientemente de los resultados a los que llegaríamos en 2050, está también el camino descrito por las curvas de los escenarios, ya que no sería muy lógico mantener los mismos niveles de emisiones en los próximos 25 años y el último decenio disminuirlas brutalmente para llegar a los objetivos deseados, y ni que decir tiene el aumentarlas y posteriormente disminuirlas. Por ello, observando la curvatura de todos los escenarios, pienso como evoluciones posibles, contrastándolas con el histórico y la idea de que año a año se van reduciendo paulatinamente, quedándome como válidas la función de expertos y la personal, ya que el escenario mínimo la veo con una tendencia excesiva. El escenario máximo, prácticamente es una línea horizontal, y el matemático un poco ilógico el camino que describe, ya que en los años venideros aumenta.

En cualquier caso, todas son tendencias para verlas globalmente y no deteniéndose en el valor de cada año en particular. Nos interesa la tendencia que describen las gráficas, no los valores a lo largo de los años.

En cualquier caso, la conclusión clara, es que las emisiones de dióxido de carbono equivalente, están descendiendo y van a seguir así. Otra cuestión es si ese descenso va a ser el esperado o no.

5.2.2. OBTENCION DE EMISIONES DE CO₂ EQUIVALENTE MEDIANTE LOS MÉTODOS DE PROYECCIONES

A continuación, por contrastar los resultados obtenidos anteriormente, obtendremos los valores de las emisiones de dióxido de carbono equivalente, por otro camino, calculándolas a partir de los datos históricos, mediante los dos métodos de proyecciones, el método matemático-estadístico y la predicción de expertos.

La evolución histórica resulta:

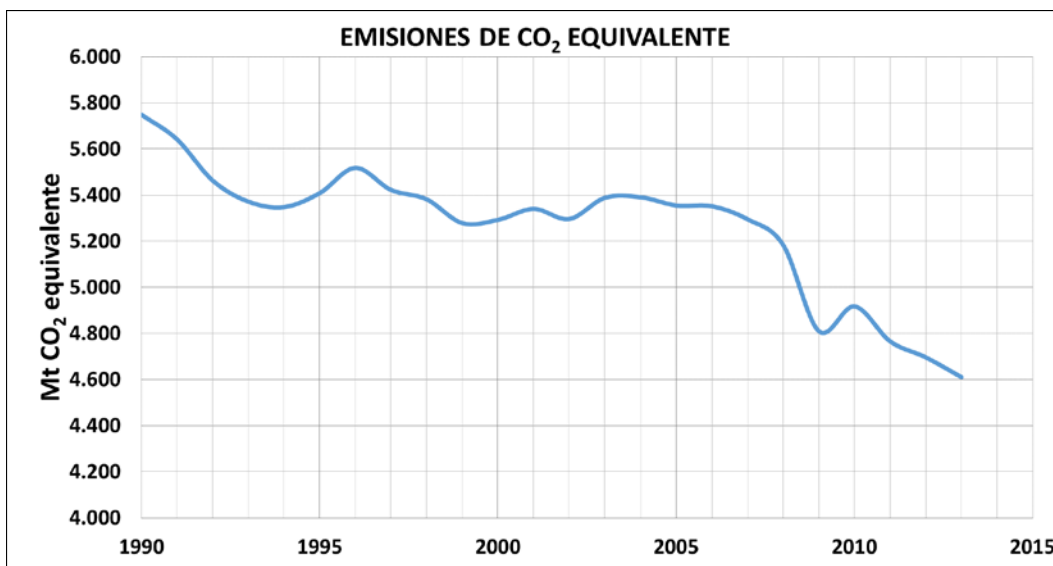


Figura 5.21. Gráfica de la evolución de las emisiones de dióxido de carbono equivalente de la Unión Europea. Unidades de millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat.

La gráfica nos muestra un descenso, con fluctuaciones, cabe destacar el descenso acusado en 2009 debido a la crisis, ya que se redujo drásticamente la actividad industrial. Y su posterior recuperación en 2010 aumentando así algo las emisiones, pero continuando con la tendencia a reducirlas.

Aplicando los métodos para generar las proyecciones para el futuro, generamos cinco tendencias para la variable de las emisiones de gases de efecto invernadero, tres generadas con el método matemático-estadístico, usando como base todos los datos históricos, desde el año 2003 y desde el año 2011. Y otras dos con la predicción de expertos, cuyos datos provienen de un informe de la Comisión Europea [6]. Todas estas proyecciones son las usadas en el apartado anterior añadiendo la tendencia generada con los datos del 2011.

La gráfica resultante con los datos obtenidos se muestra a continuación:

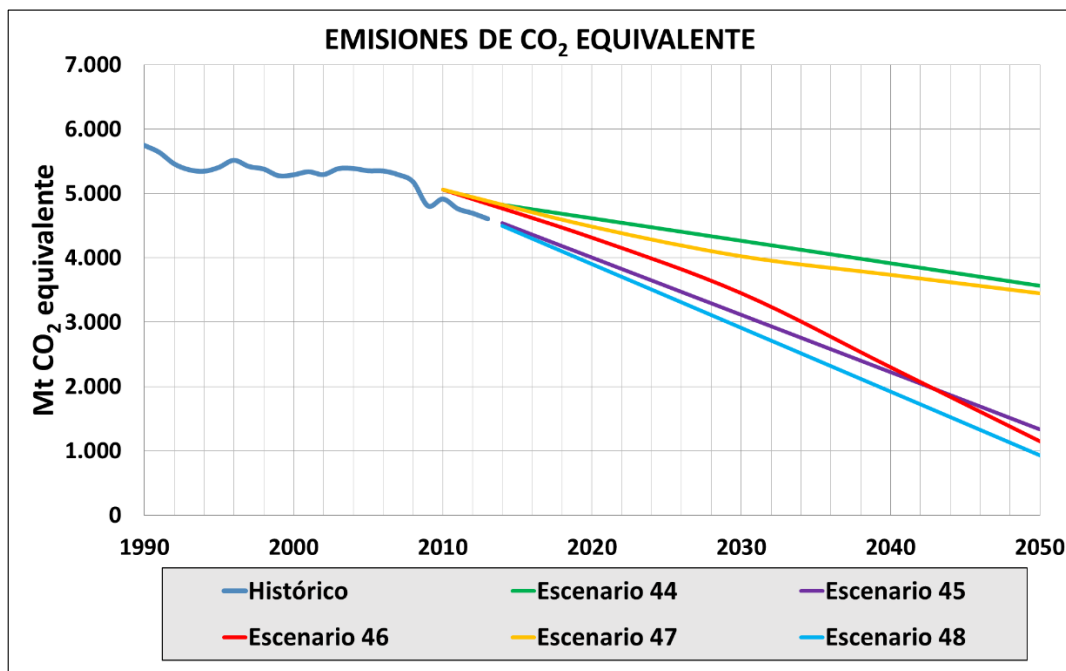


Figura 5.22. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat y de un informe de la Comisión Europea [6].

	Variable Emisiones CO2 equivalentes
Escenario 44	T.Lineal Ajuste perfecto, todos datos
Escenario 45	T.Lineal Ajuste perfecto,datos desde el 2003
Escenario 46	Predicción de expertos (Escenario OBJETIVO)
Escenario 47	Predicción de expertos (Escenario PREVISION)
Escenario 48	T.Lineal Ajuste perfecto,datos desde el 2011

Figura 5.23. Tabla aclarativa del significado de cada escenario de la figura 5.22. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 5.22 se observan que las proyecciones se asocian en dos grupos, pero todas tienen tendencias reductivas en las emisiones de CO₂. Para su análisis elegiré un escenario de cada uno de esos denominados grupos. Seleccionando los escenarios 44 y 46. A continuación se mostrará la gráfica resultante únicamente con ellas y se estudiarán:

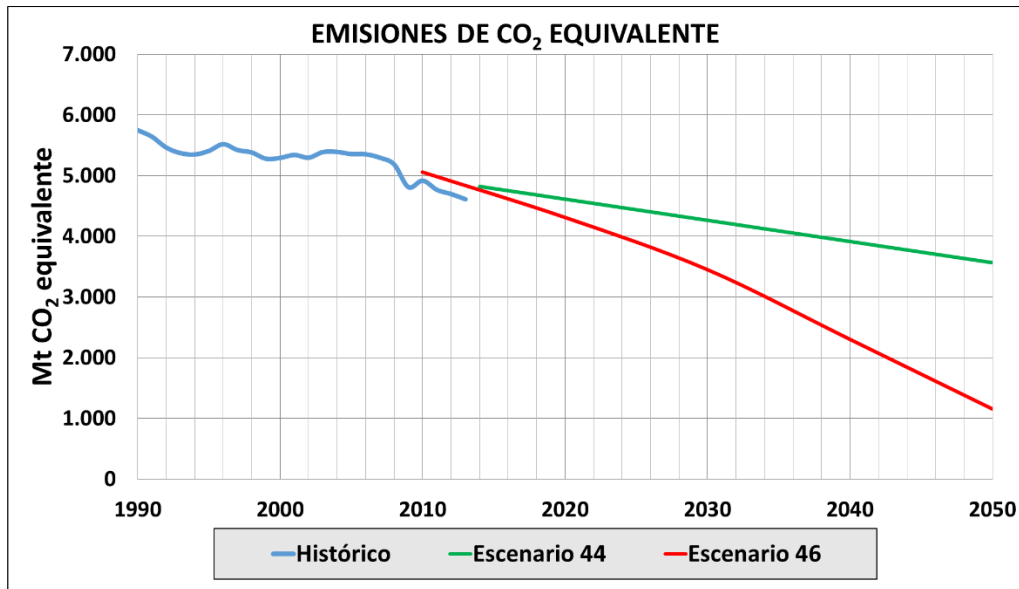


Figura 5.24. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat y de un informe de la Comisión Europea [6].

El **Escenario 44**, del cual sus datos han sido obtenidos de Eurostat, y procesados mediante el método matemático-estadístico de tendencia lineal mediante el ajuste perfecto usando todos los datos históricos, desde el año 1990 hasta el 2013. La proyección generada tiene una pendiente claramente decreciente, siguiendo la misma tendencia que la histórica.

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = -34,989x + 75.292,4$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 1,0$; significa un ajuste perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la evolución del escenario observamos una tendencia decreciente siguiendo perfectamente la descrita hasta entonces por el histórico, hasta llegar en 2050 a un valor de 3560 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas a la atmósfera.

El otro es el **Escenario 46**, del cual sus datos han sido obtenidos mediante una predicción de expertos, en este caso, de la Comisión europea, siguiendo una tendencia hasta alcanzar un objetivo deseado. La proyección generada tiene una pendiente claramente decreciente, siguiendo la misma tendencia que la histórica, pero aumentando a medida que avanza ese descenso.

La ecuación obtenida es una ecuación lineal:

$$y = 0,0096x^3 - 59,139x^2 + 121.535,445x - 83.169.968,0314$$

Puesto que hemos obtenido un $R^2 = 0,9997$; significa un ajuste casi perfecto de la línea generada con los datos.

Viendo la evolución del escenario observamos una tendencia decreciente siguiendo perfectamente la descrita hasta entonces por el histórico, pero poco a poco incrementándose ese descenso, hasta llegar en 2050 a un valor de 1150 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas a la atmósfera.

Viendo los resultados anteriormente mostrados, observamos claramente que las emisiones de dióxido de carbono en la Unión europea están descendiendo.

La media de descenso anual de las emisiones de gases de efecto invernadero de los últimos diez años es en torno a un 1% (excluyendo los años 2009 y 2010 por ser años atípicos por un factor puntual). Si aplicamos esta media del 1%, en los próximos años obtenemos para el año 2050 un valor de 3180 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente; y que equivale a un descenso de un 31,06%.

Analizando los valores obtenidos con las proyecciones estudiadas para 2050, vemos que la cantidad total de emisiones de CO₂ estarán comprendidas entre 3560 y 1150 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (funciones 1 y 3). A modo de referencia el pasado año 2013, se generó un valor de 4610. Eso equivale un descenso estimado de emisiones comprendidas entre un 22,7% y un 75,0% respecto al año 2013.

Los objetivos propuestos por la Unión Europea son para el año 2020 de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% respecto niveles de 1990. Tal objetivo, si todo sigue igual está conseguido, pues actualmente ya hemos sobrepasado esa reducción. Pero a la vez, se prevé que esto no es suficiente para poder cumplir el objetivo de 2030, donde se tiene por meta una reducción de las mismas de un 40%. Y un 80% para 2050. Por lo tanto, se necesitan más esfuerzos y nuevas medidas y planes de acción.

5.2.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE EMISIONES Y CONCLUSIONES

Del primer análisis, el obtenido a través de la identidad de Kaya, se ha obtenido un intervalo de emisiones para el año 2050 comprendido entre 4450 y 500 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente .

De este segundo, a través de los calculos con las variables, un intervalo comprendido entre 3560 y 1150 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Por lo que los límites de este segundo estudio están dentro del primero. Esto se puede observar en el gráfico de a continuación.

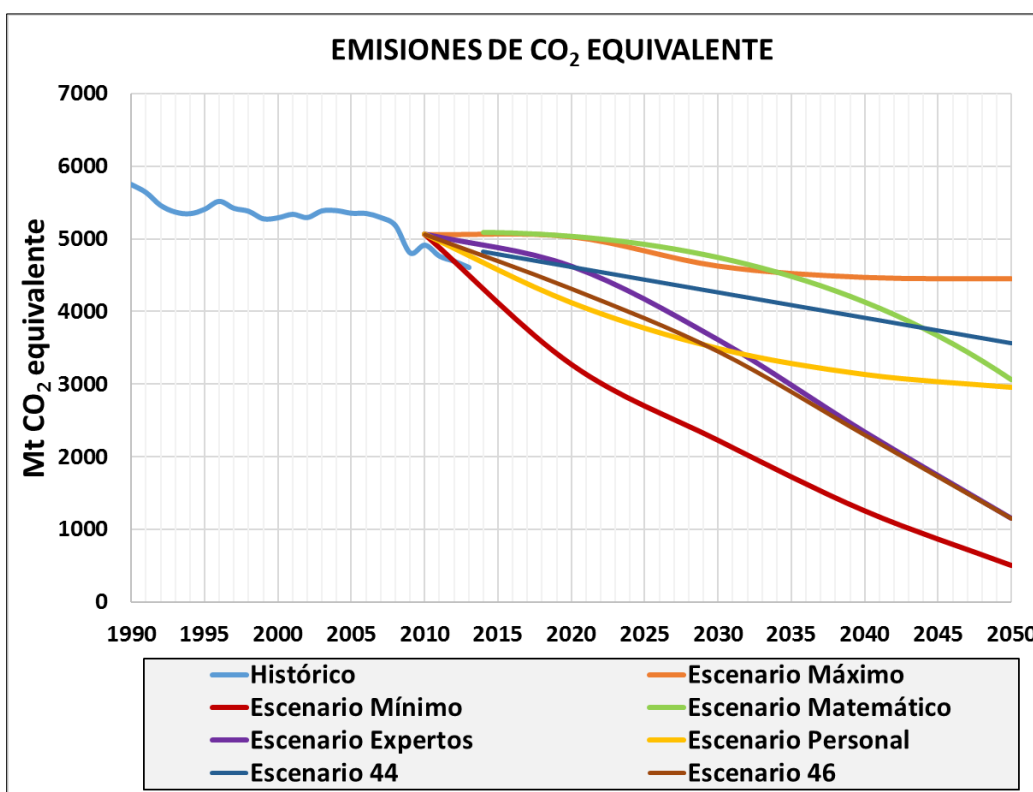


Figura 5.25. Unión de las figuras 5.20 y 5.24. Gráfica representativa del histórico, y los escenarios futuros de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes de la Unión Europea. **Fuente:** Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, IEA, del Consejo Mundial de la Energía y de un informe de la Comisión Europea [6].

Viendo esta última representación de las tendencias, se aprecia que ambos estudios se asemejan mucho, teniendo mayor abanico de posibilidades o menor, pero ambos dos, siguen una misma tendencia. Por lo que reflejar unas nuevas conclusiones sería repetir lo anteriormente escrito.



Capítulo 6

Conclusiones

6.1. Resumen del trabajo realizado

6.2. Conclusiones técnicas

6.3. Conclusiones personales

6.4. Trabajos futuros

6.1. RESUMEN DEL TABAJO REALIZADO

El estudio que engloba este proyecto ha consistido en estimar una previsión de emisiones de gases de efecto invernadero por parte de Unión europea para el año 2050. Cuya entidad tiene por objetivo una reducción de los mismos, para mitigar el cambio climático y frenar un aumento de la temperatura media de la atmosfera por debajo de 2°C para el año 2050.

Ello se ha llevado a cabo a través de la ecuación denominada como identidad de Kaya, la cual, a través de una serie de factores relacionados con un país o región, es capaz de dar una estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero, además de funcionar como una herramienta para modificar las tendencias de los diferentes factores para saber sobre cuales es mejor actuar en la realidad para llegar a los objetivos deseados.

$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{Población} \cdot \text{PIB per cápita} \cdot I. \text{Energética} \cdot I. \text{Carbonización}$$

Todo el trabajo se cimienta en los datos recopilados de bases de datos de fuentes y organismos dedicados a ello. La principal de estas fuentes para llevar a cabo este estudio, ha sido la Oficina Europea de Estadística, también conocida como Eurostat.

Se han recopilado datos acerca de las variables que forman los cuatro factores de la identidad de Kaya: población, PIB, energía primaria total y emisiones de gases de efecto invernadero. Los cuales, combinándose y operándose en la fórmula, nos dan los valores deseados de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Para obtener estos resultados, se han de seguir una serie de pasos.

Tras elegir la fuente fiable de datos y las unidades pertinentes, se ha de operar con esos datos históricos recopilados, los cuales en su mayoría van desde 1990 hasta 2013, salvo la variable población, de la que hay datos desde el año 1960. Con ellos, se genera una serie de proyecciones futuras hasta el 2050, que representarán las previsiones para cada variable.

Esto es generado con el software Excel, mediante un método matemático-estadístico que opera por ajuste de mínimos cuadrados. Partiendo como datos base el histórico. Además, se han tenido en cuenta otras proyecciones futuras de predicciones de expertos, sacadas de diferentes bases de datos e informes.

Con todo esto, de cada variable se generan tres o cinco proyecciones futuras. Con las cuales se operará para generar los diversos factores de la Identidad de Kaya. Se generarán todas las posibles combinaciones, de las cuales son usadas unas pocas, las más representativas.

Los datos históricos y estas proyecciones de cada factor, se representan en una gráfica, obteniendo así los posibles escenarios futuros de cada factor. Se estudia y obtienen las conclusiones (Capítulo 5, apartado 1).

Posteriormente, se operan en la ecuación de la identidad de Kaya para obtener la solución deseada de los futuros escenarios de las emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales son analizados y de los que se sacan las conclusiones que se mostrarán a continuación.

6.2. CONCLUSIONES TÉCNICAS

En este punto, se expondrán y explicarán las conclusiones obtenidas a través de todo el estudio realizado, analizando los resultados.

Las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE en los últimos veinte años, han ido descendiendo, y lo más importante, previsiblemente van a seguir reduciéndose en los próximos. El abanico de posibilidades acerca de cuanto se emitirá en 2050 es muy amplio y con muchos factores a tener en cuenta, por lo que dar un resultado aproximado es difícil. Pero está claro, que en el futuro, esta tendencia de reducción de las emisiones va a seguir. Pese a ello, es necesario tener en cuenta que las emisiones de CO₂ equivalente per cápita de la Unión europea respecto del mundo han sido históricamente superiores y lo siguen siendo. Esto es mostrado en la siguiente gráfica.

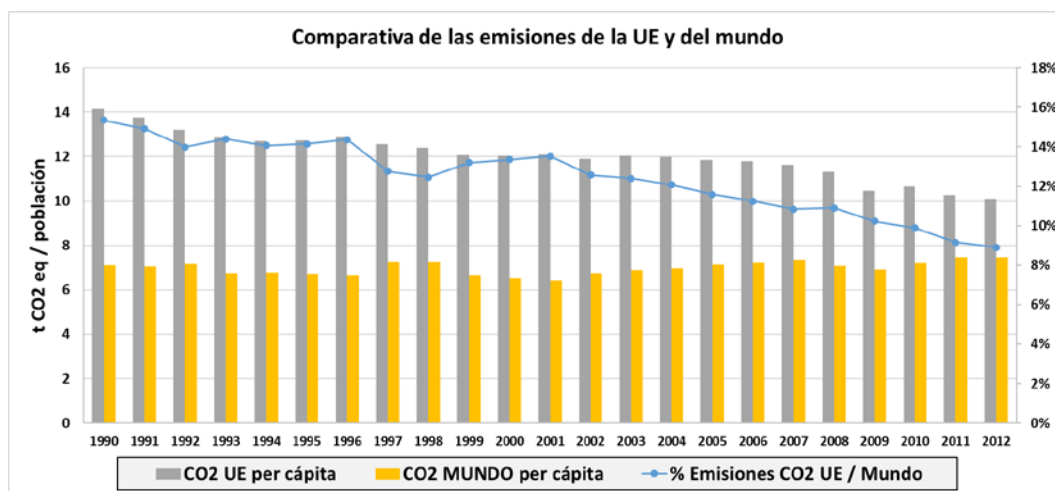


Figura 6.1. Gráfica comparativa de las emisiones de CO₂ equivalente entre la Unión europea y el mundo. Mostrando los valores per cápita y porcentual.
Fuente: Elaboración propia, datos tomados de Eurostat, Naciones unidas y Banco Mundial.

Y es que siendo aproximadamente un 7% de la población mundial, emitimos casi un 9% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (datos año 2012). Es decir, emitimos más CO₂ equivalente por habitante que el resto del mundo de media.

Los resultados obtenidos para cada uno de los cuatro factores con los que se crea la identidad de Kaya son los ya mostrados con anterioridad, pero aquí se resumirán.

En tanto a la **población**, se observa un aumento, no muy significativo, aun así, la unión europea tiene una población que sigue creciendo. En el 2050 se estima que se alcanzarán entre 525 o 572 millones de habitantes. En 2015 fue de 510 millones de habitantes. Lo que equivale a un aumento de población entre el 2% y el 12% respecto dicho año.

Para hacernos una idea, la población mundial actualmente se estima en algo más de 7 mil millones, por tanto, en Europa viven en torno al 7% de la población mundial. Para tal año del estudio, estará entre los 9 y los 10 mil millones de habitantes, y Europa albergará algo menos del 6% de la población mundial.

La conclusión está clara, la población mundial está creciendo a un ritmo mayor que la europea, en especial ciertos países en vías de desarrollo que actualmente están en pleno auge económico. Esto no quiere decir que Europa no aumente de población, sino que ese crecimiento ya es más lento, pues empezó a no ser tan acusado sobre los años 80. En cualquier caso, seguirá aumentando.

La segunda variable a analizar es el **PIB per cápita**. El cual seguirá aumentando. El grado de aumento es una variable muy difícil de predecir, pues es influenciada por muchos factores político-sociales. En cualquier caso, tras los resultados obtenidos nos movemos en aumento en torno a un 14 y 55% respecto valores de 2013.

En cuanto a la **intensidad energética**, está decreciendo, el cual es uno de los objetivos primordiales de la Unión Europea, hacer cada vez más eficiente esa producción de energía. O dicho de otro modo, reducir la cantidad necesaria de energía para producir una unidad de riqueza económica.

Obteniendo en 2050 unos valores comprendidos entre 0,134 y 0,058 kilo toneladas equivalentes de petróleo por cada millón de euros de producto interior bruto respectivamente. Siendo actualmente, en 2013, 0,151 unidades; lo que nos llevará a una reducción entre el 12 y 62% referente a la actualidad.

El último de los cuatro es la **intensidad de carbonización**, cuyo resultado para el futuro es una reducción, la cual se agrava cada vez más. Analizando los valores obtenidos para 2050, vemos que el índice de carbonización estará

comprendido entre 0,68 y 1,77 toneladas de dióxido de carbono equivalente entre toneladas de petróleo equivalente. A modo de referencia el pasado año 2013, se generó un valor de 2,84 t CO₂ por cada toe. Eso equivale un descenso del índice de carbonización comprendido entre un 56% y un 41% respecto al año 2013.

Tras unir todas estas conclusiones mediante la identidad de Kaya llegamos a la conclusión principal: las **emisiones de gases de efecto invernadero**, por parte de la Unión europea, se están viendo reducidas.

El abanico de posibles emisiones para 2050 es muy amplio, pero con dos claras zonas donde convergen más número de posibles futuros escenarios, una está entre 3000 y 4000 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, y la otra en torno a 1100 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. A modo de referencia el pasado año 2013 se emitieron 4600 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. En porcentajes hablamos de unas reducciones en torno al 35-14% y 75% respectivamente para el año 2050.

Estos valores coinciden con los emitidos por la Comisión Europea [6], en el que muestra dos posibles escenarios, uno cuya tendencia es generada a partir del objetivo planteado para 2050 y la otra la previsión en función de los acontecimientos actuales.

El resultado de todo este estudio refleja una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a una reducción de uno de los factores más influyentes en el cambio climático.

Es una de las principales herramientas para mitigar este cambio. En el último Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrado en París el pasado mes de diciembre del 2015, se impuso como uno de los objetivos un aumento de la temperatura media del planeta en no más de 2°C, para ello es necesario una gran reducción de los gases de efecto invernadero a nivel mundial. El IPCC (2014) alerta de que, si en 2050 no se ha logrado reducir el nivel de emisiones respecto a 2010 entre un 25% y un 72%, será “más improbable que probable” mantener la temperatura mundial por debajo de los 2°C respecto a las temperaturas preindustriales.

La unión europea actualmente tiene tres objetivos, una reducción de los mismos para el año 2020 de un 20% respecto niveles de 1990, el cual a fecha de 2016 ya lo hemos sobrepasado, para 2030 una reducción del 40% y para 2050 del 80%. Esto dos últimos objetivos, según el mismo organismo, están muy lejos de alcanzarse actualmente y han de haber grandes cambios para lograrlo.

6.3. CONCLUSIONES PERSONALES

Todas estas conclusiones anteriores eran ideales y estadísticas, ya que en gran medida se han generado a través de datos históricos.

A mi parecer, esta responsabilidad de cambio recae en la población, en todos nosotros, y por ende a aquellas personas responsables de gobernarnos y dirigirnos hacia un futuro más sostenible.

Aun siendo ellas las responsables de guiarnos, un gobierno u organización no puede influir directamente en la evolución de los factores, podrá imponer leyes, medidas, realizar acciones, pero, aun así, puede que con todo ello no consiga llegar a los objetivos deseados.

Analizando de nuevo los cuatro factores, personalmente, la **población** de la unión europea está llegando a su cenit y no creo que aumente mucho más, pienso que ese crecimiento va a verse reducido drásticamente a 2050, incluso que empiece a decaer para tal año. Este, es un factor no muy controlable por parte de las autoridades.

Si se deseara modificar esa reducción en el crecimiento y aumentarla, va a ser clave las políticas que apliquen los gobiernos de los estados miembro, así como la propia Unión europea, en tanto a ayudas, prestaciones, servicios sociales, etc... en definitivas facilidades para promover la natalidad y formar una familia; así como los impedimentos que se pongan a los inmigrantes para acceder a la Unión europea. Estos dos factores son los dos principales sustentadores para aumentar la población de una región o país.

Por el contrario, para frenar ese crecimiento y reducirla, y así reducir las emisiones. Un gobierno ha de hacer todo lo contrario, puede imponer medidas e imponer leyes y sanciones a la población para frenar la natalidad, así como reducir las ayudas y prestaciones a la tercera edad; además de poner numerosas trabas a la población inmigrante para poder acceder al país en cuestión.

En cualquier caso, el modificar la población, pienso que ni es la solución al problema de las emisiones, ni se puede controlar directamente por muchas medidas que se cambien para ello.

El segundo factor de la ecuación, el **PIB per cápita**, tampoco es muy controlable puesto que la economía de un país siempre se desea mejorar, pero es un factor que se escapa a un tipo de control directo por parte de los gobiernos. Indirectamente si se puede modificar con leyes y planes de acción, pero un control como tal no se puede ejercer.

Por tanto, los dos factores sobre los que realmente se puede actuar son el índice energético y el índice de carbonización.

La **intensidad energética** es un factor altamente modificable (dentro de unos límites). De los resultados obtenidos en el estudio, me decanto más por tendencias que describan una alta reducción actualmente y a medida que evolucionen en el tiempo se reduca esa pendiente descendiente, basándome en la idea de que esa reducción actual de la intensidad energética no se va a poder mantener a este ritmo mucho tiempo. Va a llegar un punto en el cual va a costar mucho mejorar la eficiencia de esa generación de energía, cada vez con un mayor esfuerzo económico. Pero, aun así, mi opinión al igual que la conclusión del estudio, es que se va a seguir reduciendo.

Esta reducción es influenciada principalmente por la producción de energía, la cual, es un factor muy manejable y controlable por parte del gobierno de un país. Generando leyes de restricciones de consumos y fabricación de productos, promoviendo la renovación de aparatos eléctricos más eficientes, modificando leyes y subvenciones, creando contratos con multinacionales.

Un país es capaz de cambiar sus fuentes energéticas, hay ejemplos de países que lo están haciendo, es el caso de Costa Rica, ya mencionado antes en el estudio, el cual en un breve periodo de tiempo va a ser capaz de obtener un 100% de su energía de fuentes renovables. [9]

El último factor es el **índice de carbonización**, el cual también es flexiblemente modificable por parte del gobierno. Consiste en mejorar la eficiencia de cualquier proceso que genere emisiones de gases de efecto invernadero. Como, por ejemplo, reducir la quema de combustibles fósiles, los cuales son cada vez más caros y escasos, y sustituirlos por fuentes energéticas alternativas.

Viendo los resultados de las **emisiones de gases de efecto invernadero**, me quedo con una idea de que se llegará a unas disminuciones de emisiones por debajo de las necesarias. Los valores que, según los expertos, se han de conseguir para obtener resultados positivos en cuanto al cambio climático, para mí, son excesivos en cuanto a alcanzables, pero no en cuanto a necesarios. Por ello no creo que los alcancemos.

Un dato a tener en cuenta en este estudio, al igual que cualquier otro llevado a cabo por cualquier organismo más riguroso y serio. Surge con la idea de estimar las emisiones mediante balances de emisiones de CO₂ emitidos. En cambio, si hiciéramos este mismo balance de emisiones de CO₂, por productos consumidos, los datos reflejarían otras conclusiones muy diferentes.

Se vería que la Unión europea ha aumentado sus emisiones de gases de efecto invernadero en vez de reducirlas como refleja el estudio.

Esto es debido a lo mencionado muy brevemente en el capítulo anterior, la imputación de las emisiones de los productos producidos y consumidos. Los cuales, si son producidos en un país o región, pero consumidos en otro totalmente diferente, esas emisiones se le imputan al primero y no al último, quien a mi juicio es el responsable de ellas ya que es el causante de esa demanda de productos que se han de producir.

Este es el problema que se está generando en Europa, ya que la gran cantidad de productos consumidos aquí, siendo de la índole que sean, son producidos en los países del sudeste asiático, reduciendo claramente las emisiones en Europa, pero aumentadoras en el país productor. Además de aumentar la tasa de emisiones de ese producto debido a la lejanía entre el lugar de producción y de consumición; siendo necesario el transporte de los mismos. Esto no quiere decir que sea la causa única de la reducción de las emisiones en la Unión europea, pero si tiene una gran influencia.

Este hecho es un absurdo, ya que referente al cambio climático, todos deberíamos sumar. Ya que para mitigarlo se ha de conseguir una reducción de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Y no porque se reduzcan en una región a costa de aumentarlas en otra, se está consiguiendo algo.

6.4. TRABAJOS FUTUROS

Debido al alcance del proyecto y brevedad de tiempo disponible por mi parte para la realización de este estudio, a medida que he avanzado en el mismo, han surgido hipótesis y teorías en las que no he podido profundizar más. A continuación, expondré esas ideas principales.

Una de las principales reside en la idea de que las emisiones de dióxido de carbono, son debidas a los procesos de transformación de la energía, la estructura de combustibles finales por parte de los distintos sectores productivos y el consumo energético final de los mismos.

Por ello hubiera estado interesante **desagregar la identidad de Kaya**, introduciendo dos nuevas variables, la **energía fósil**, de la cual dependen directamente las emisiones, pues en cierta medida, estas dependen de la quema de combustibles fósiles. La otra variable es la **energía final consumida**, que, junto con la energía primaria, se genera el factor que nos da la cantidad de energía primaria por unidad de energía final utilizada en el conjunto de la economía, el cual, es un indicador agregado de la eficiencia del cambio tecnológico en el sector energético.

Otra idea interesante para el estudio, hubiera sido **desagregar el factor población** en dos, por un lado, la natalidad y defunción de la misma, y por otro la migración externa de la unión europea. Ya que en el fondo son dos variables independientes. Conseguí obtener datos fiables de la primera, pero de la migración, solo obtuve datos por países miembros de la unión europea, por lo que no podía separar la migración interna entre países de la externa.

En cuanto a los **sumideros** de emisiones de gases de efecto invernadero, y en especial de dióxido de carbono, han sido mencionados a lo largo del estudio, y aun teniendo importancia, no han tenidos en cuenta en el mismo.

Las emisiones de gases de efecto invernadero de las que se habla, son emisiones brutas, es decir, emisiones generadas y no emitidas a la atmosfera. Ya que parte de las mismas se deposita en los denominados sumideros de dióxido de carbono, los cuales son dos principalmente, los bosques y mares y océanos.

No porque sean despreciables su acción se han desechado del estudio, sino como dije antes, por falta de tiempo para su análisis y falta de accesibilidad a bases de datos fiables.

También se podría mejorar el estudio realizado y las conclusiones obtenidas, obteniendo **datos históricos** en un periodo de tiempo superior. Ya que los usados mayormente van desde 1990 hasta 2013. Y ellos son la base sobre la que se sustenta todo el trabajo. Aun que he de mencionar, que es difícil mejorar este punto, ya que los datos de variables como el PIB o emisiones de CO₂ anteriores a los 90, son fácilmente obtenibles de ciertos países que las han ido almacenando, pero otros muchos no lo hicieron en su día, por tanto, para el estudio de la unión europea en su conjunto significan un impedimento.

La última cuestión a mejorar en el trabajo, es la falta de información y detalles acerca del **acuerdo de Paris** de hace diez meses, pues si se ha hecho público tal acuerdo, pero no en si los datos de los países que lo firmaron, ni las medidas concretas que se llevarán a cabo, así como los datos sobre los que se basa el mismo. Según el mismo informe los países que aceptan y firmaron el acuerdo, en un breve periodo de tiempo han de entregar informes acerca de su situación, para poder ver su situación y aplicar las medidas oportunas.

En cualquier caso, pienso que, de haberse llevado a cabo toda esta serie de medidas expuestas, no influirían en gran medida a los resultados ya obtenidos.



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

Capítulo 7

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS PRINCIPALES

A continuación, la lista de todas las bases de datos de donde se han extraído los mismos para el estudio, así como también las principales fuentes bibliográficas en las que me he basado para hacer esta memoria.

Bases de datos:

BP. Portal web de la Compañía energética BP.

CE. Informes de la Comisión Europea.

Eurostat. Portal web de la Oficina Europea de estadística (Eurostat).

IEA. Portal web de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, siglas en inglés), acceso a la base de datos a través del permiso de la biblioteca de la Universidad de Valladolid.

WEC. Informes del Consejo mundial de Energía (WEC, siglas en inglés).

Principales fuentes bibliográficas:

Alonso Lázaro, Cristian. Proyecto final de carrera “Estimación de las emisiones de CO₂ en España a través de la Identidad de Kaya”. Escuela Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid, 2015.

Antón Uriarte. “Historia del clima de la tierra”. Última actualización octubre 2010. Disponible en: http://www.herbogeminis.com/IMG/pdf/historia_del_clima_de_la_tierra_anton_uriarte.pdf

B. Field, Christopher; R. Barros, Vicente. “Cambio Climático 2014. Impactos, adaptación y vulnerabilidad”. Contribución del grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. 2014. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf

Duro Moreno, J.A. “Análisis de los factores determinantes de las desigualdades internacionales en las emisiones de CO₂ per cápita aplicando el enfoque distributivo: una metodología de descomposición por factores de Kaya”. Universidad autónoma de Barcelona, departamento de economía aplicada. Febrero 2006.

Martín Vide, J. “Aspectos económicos del cambio climático en España”. Barcelona, abril 2007.

Naciones Unidas. “Convención marco sobre el cambio climático, aprobación del acuerdo de Paris”. Diciembre 2015.

OECD & IEA. “Manual de estadísticas energéticas”. 2007.

Paul Scherrer Institute (PSI), WEC. “World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050”. 2013.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS RECURRIDAS DURANTE LA MEMORIA

[1] Alonso Lázaro, Cristian. Proyecto final de carrera “Estimación de las emisiones de CO₂ en España a través de la Identidad de Kaya”. 2015

[2] Balàzs Mellàr. Artículo 194 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE). Parlamento europeo 2016. *Disponible en:* http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/es/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.7.1.html

[3] Base de datos de Eurostat. “*PIB per cápita, el consumo per cápita índices de nivel y el precio*”. 2016. *Disponible en:* http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/GDP_per_capita_consumption_per_capita_and_price_level_indices

[4] Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof. “El Cambio Climático y el Agua”. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra. 2008. *Disponible en:* <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>

- [5] Cécile Kerebel, Tratado constitutivo de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (Tratado Euratom). Parlamento europeo 2016. Disponible en: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/es/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.7.5.html
- [6] Comisión Europea, “COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. Análisis de las opciones para rebasar el objetivo del 20 % de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y evaluación del riesgo de fugas de carbono”. Mayo 2010. COM (2010) 265 final.
- [7] Comisión europea. “Informe de la comisión al parlamento europeo y al consejo progresos realizados en la consecución de los objetivos de Kioto”. 2012. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/publicaciones/informes/2012_ProgressReport_ES_tcm7-245767.pdf
- [8] Consejo mundial de la Energía, “World Energy Scenarios. Composing energy futures to 2050”. 2013.
- [9] Diario The Independent. “Costa Rica powered by renewable energy for over 100 days”. 31/08/2016. Disponible en: <http://www.independent.co.uk/news/world/americas/costa-rica-renewable-energy-100-days-power-climate-change-a7217441.html>
- [10] Eurostat, “Energy dependency in the EU”. 2016. Disponible en: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7150363/8-04022016-AP-EN.pdf/c92466d9-903e-417c-ad76-4c35678113fd>
- [11] Eurostat. “Estadísticas de migración y población migrante”. 2015. Disponible en: StatisticsExplained (<http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/>)
- [12] Eurostat, “Europe 2020 indicators - climate change and energy”. 2016. Disponible en: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Europe_2020_indicators_-_climate_change_and_energy
- [13] MAGRAMA. Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente, Gobierno de España. “Cambio climático. Sumideros de carbono”. 2008. Disponible en : http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros_tcm7-12476.pdf

- [14] Parlamento Europeo. “*El futuro demográfico de la Unión Europea*”. 2008. Disponible en: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20080414FCS26499+0+DOC+XML+V0//ES>
- [15] SASI Group (University of Sheffield) and Mark Newman (University of Michigan). “Población 2050”. 2006. Disponible en: http://www.worldmapper.org/spanish/011_population_2050_es.pdf
- [16] Sven Teske. “Hoja de ruta para Europa. Hacia un suministro independiente y sostenible”. Departamento de Análisis de Sistemas y Evaluación de la Tecnología, Stuttgart, Alemania: Dr. Thomas Pregger, Dra. Sonja Simon. Junio 2014. Disponible en : <http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/cambio-climatico/Hoja%20de%20ruta%20hacia%20un%20suministro%20de%20energ%C3%81a%20sostenible%20e%20independiente%20para%20Europa-%20Greenpeace.pdf>

OTRA BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA PARA LA ELABORACIÓN DE LA MEMORIA

Universidad Carlos III de Madrid. “Cómo citar bibliografía: UNE-ISO 690”. Versión consultada 2015. Disponible en: http://portal.uc3m.es/portal/page/portal/biblioteca/aprende_usar/como_citar_bibliografia

Universidad de Cantabria. “Tutorial de autoformación sobre Citas en Trabajos y Artículos con Referencias”. Versión consultada 2013. Disponible en: <http://www.buc.unican.es/sites/default/files/tutoriales/CITAR/PAGO.html>

Norma ISO 690. Manual para redactar citas bibliográficas (Information and documentation – Guidelines for bibliographic references and citations to information resources).

Norma UNE 157001:2002 Criterios generales para la elaboración de proyectos.

Norma UNE 82100-0:1996 a UNE 82100-13:1996 Magnitudes y unidades. (Norma ISO 31:1992).