

## 3.11 Escenarios de emisiones

En este punto vamos a desarrollar escenarios de evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociados a los escenarios energéticos anteriormente presentados para disponer de una estimación de su impacto sobre el sistema climático.

### 3.11.1 Caracterización de condiciones de partida

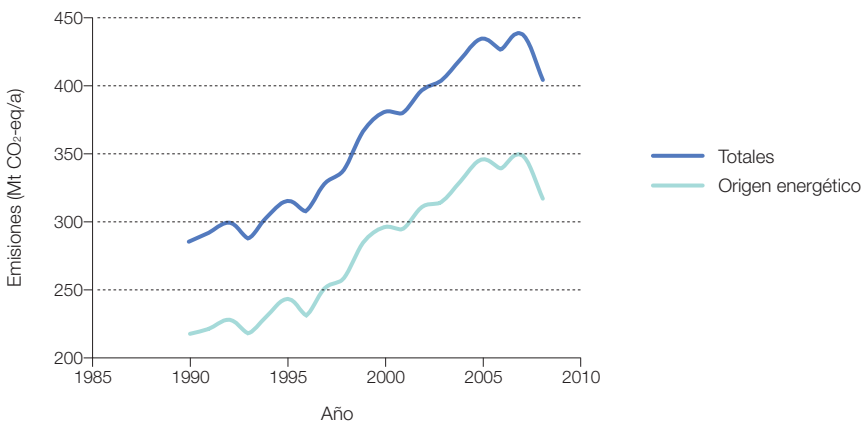
Si en términos de consumo de energía tenemos una incertidumbre significativa en la caracterización de la estructura del sistema energético, al considerar las emisiones asociadas al consumo de energía las incertidumbres se amplifican de forma importante.

En este punto recopilamos la información disponible para caracterizar el punto de partida, de cuyo análisis extraeremos información para proyectar el escenario de evolución hasta el año 2050.

En la figura 544 recogemos la evolución de las emisiones anuales de GEI, totales y de origen energético. En esta figura podemos observar tanto la tendencia general<sup>890</sup> creciente, como el dominio de las emisiones de origen energético sobre las totales, tanto a nivel de emisiones absolutas como a nivel de las tendencias temporales experimentadas.

Un parámetro importante para la caracterización de la estructura de emisiones de origen energético es el coeficiente de emisiones por unidad de energía. En la figura 545 recogemos la evolución histórica de este coeficiente para el conjunto del sistema energético basado en los datos de Eurostat, y referido al consumo de energía final. Como podemos observar, este coeficiente, a pesar de las importantes oscilaciones interanuales que experimenta, presenta una clara tendencia media decreciente desde el año 1999, con una gran tasa de reducción en el año 2008 a pesar de la reducción en el consumo de energía final<sup>891</sup>. Estas fechas corresponden respectivamente al año posterior a la publicación de los reales decretos que establecieron las condiciones adecuadas para el

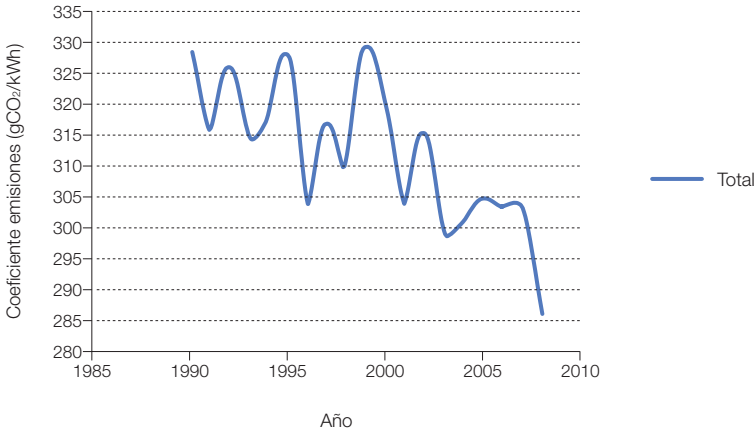
**Figura 544.** Evolución de las emisiones anuales de CO<sub>2</sub>-eq, totales y de origen energético. Procesado a partir de datos Eurostat.



**890** En el año 2008 se invirtió esta tendencia, principalmente como consecuencia de las condiciones de crisis, pero de seguir en un contexto BAU probablemente en los años siguientes volveremos a recuperar la tendencia creciente.

**891** El consumo de energía final constituye el denominador del coeficiente de emisiones, por lo que la reducción de consumo experimentada en el año 2008 podría haber conducido a un incremento del coeficiente de emisiones de no haber sido por el hecho de que las emisiones experimentaron una reducción mayor que el consumo de energía.

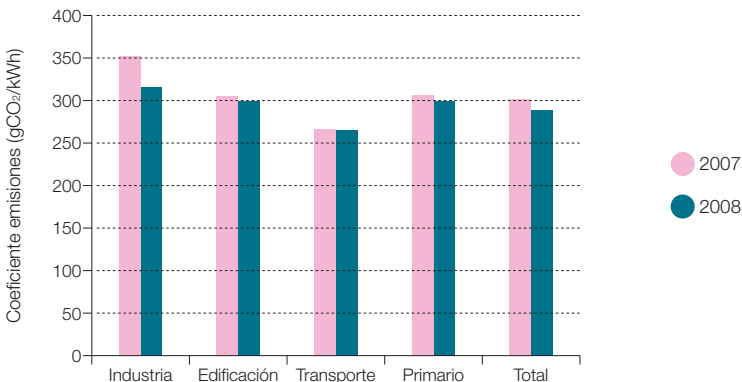
**Figura 545.** Evolución del coeficiente de emisiones del conjunto del sistema energético. Procesado a partir de datos Eurostat.



despegue de algunas tecnologías renovables dentro del sistema eléctrico (RD 2818/1998 y RD 661/2007) y, en efecto, la gran reducción del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico experimentada en este periodo se encuentra detrás de esta caída del coeficiente de emisiones del sistema energético total<sup>892</sup>.

La responsabilidad de cada sector sobre el coeficiente de emisiones total del sistema energético no es homogénea. En la figura 546 podemos ver los coeficientes de emisiones sectoriales en los años 2007 y 2008 procesados a partir de los datos presentados en (Díaz Carazo, J., et al, 2009).

**Figura 546.** Coeficientes de emisiones sectoriales en 2007 y 2008. Procesado a partir de datos (Díaz Carazo, J., et al, 2009).



<sup>892</sup> Y por el mismo motivo cabe esperar una atenuación de estas tasas de decrecimiento del coeficiente de emisiones en los próximos años, como consecuencia directa del entorno más desfavorable y de la inseguridad regulatoria que empezaron a desplegarse con el RD 1578/2008.

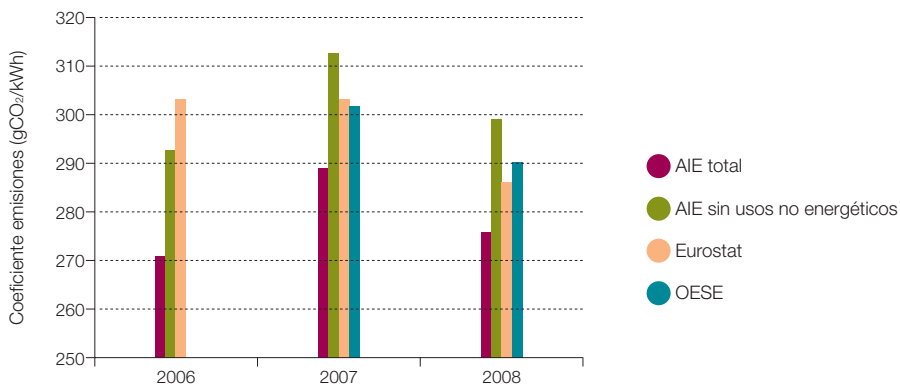
La divergencia entre las distintas fuentes es considerable, a pesar de que la fuente primaria de datos debería ser la misma. En la figura 547 podemos ver los coeficientes de emisiones del conjunto del sistema energético, relativos al consumo de energía final, procesados a partir de los datos de los balances de la AIE<sup>893</sup>, de Eurostat, y de OESE (Díaz Carazo, J., et al., 2009). Para el caso de los balances de la AIE presentamos los resultados al incluir o no incluir el consumo de energía final para usos no energéticos. En las otras referencias no aparece diferenciado este componente de consumo de energía final. Como podemos observar las discrepancias son significativas<sup>894</sup>. A la incertidumbre que proporciona esta situación hay que añadirle la incertidumbre en relación a las emisiones reales debida al hecho de que las emisiones no se miden de forma directa sino que se elaboran a partir de otros indicadores.

Por lo que respecta al sistema eléctrico, la introducción de energías renovables incentivada por los Reales Decretos RD 2818/1998

y RD 661/2007 ha conducido a una rápida reducción del coeficiente de emisiones durante los últimos años. En la figura 548 mostramos los resultados recogidos por el Observatorio de la Electricidad de WWF para el sistema eléctrico peninsular<sup>895</sup>.

Sin embargo, la primera referencia oficial del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico no apareció hasta el año 2008 en que la CNE empezó a procesar y publicar esta información con motivo del sistema de etiquetado y garantías de origen de la electricidad. Desde el año 2007 y hasta la fecha de redacción de este informe (11/2010), también existe otra referencia oficial indirecta del coeficiente de emisiones de la electricidad, que es la establecida en el programa oficial de calificación energética de edificios CALENER. En efecto, la calificación energética de edificios impone un coeficiente de emisiones de la electricidad de 649 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub> para el sistema eléctrico peninsular<sup>896</sup>, en términos de electricidad consumida, que es el coeficiente por el que multiplica el consumo de

**Figura 547.** Coeficiente de emisiones del sistema energético total, referido al consumo de energía final, procesado a partir de los datos en AIE, Eurostat, y OESE (Díaz Carazo, J., et al., 2009).



<sup>893</sup> A diferencia del resto del informe en que el último balance de la AIE que estaba disponible era el del año 2007, añadimos aquí los datos del balance energético de la AIE para el año 2008, que pasó a estar disponible en el 11/2010.

<sup>894</sup> Para el caso de los balances de la AIE también sorprende el importante crecimiento del coeficiente de emisiones del año 2007 respecto al de 2006.

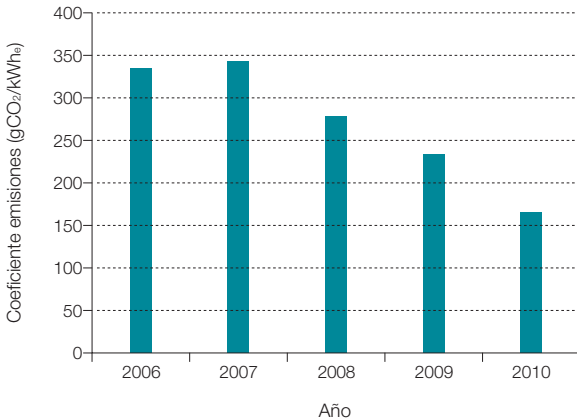
<sup>895</sup> Estos valores también muestran un coeficiente ligeramente menor en el año 2006 respecto al de 2007, pero sin llegar a la gran diferencia que reflejan los datos de la AIE.

<sup>896</sup> En el caso de los sistemas extra-peninsulares el coeficiente de emisiones de CALENER es de 981 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub>.

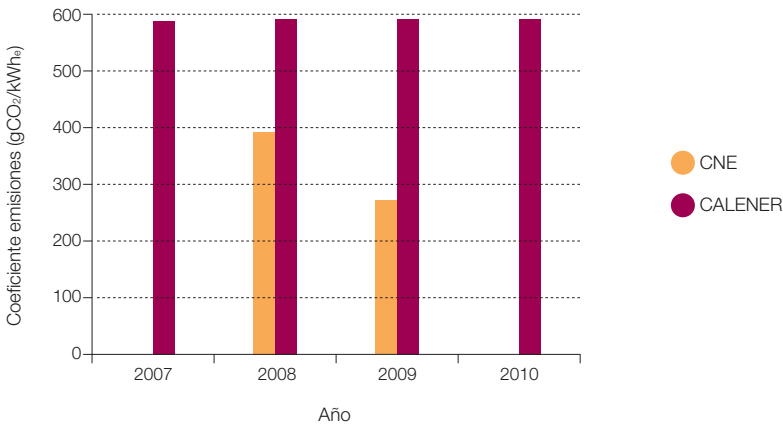
electricidad de los edificios para deducir sus emisiones. En la figura 549 reproducimos estos valores oficiales<sup>897</sup> del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico. Como podemos observar, las discrepancias son muy importantes.

Por último, de cara a extraer más información sobre la estructura sectorial de los coeficientes de emisiones, y dado que no disponemos de referencias oficiales fiables del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico para los

**Figura 548.** Evolución del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico peninsular, referido a la producción de electricidad, según el Observatorio de la Electricidad de WWF. El valor del año 2010 es la media de los meses de enero a octubre al no estar disponibles noviembre y diciembre al redactar este informe (11/2010).



**Figura 549.** Coeficiente de emisiones del sistema eléctrico nacional, referido a la producción de electricidad, según CNE y CALENER.

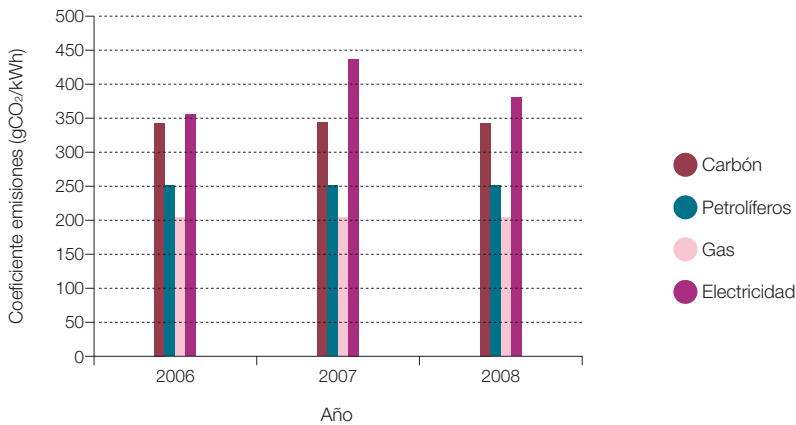


<sup>897</sup> Para el caso del coeficiente de emisiones del CALENER, para poder compararlo en los mismos términos que los coeficientes de la CNE, lo hemos procesado para convertirlo al promedio nacional (empleando el ratio de demandas que figura en los informes anuales de REE), y para expresarlo en términos de la producción de electricidad mediante el rendimiento que proporcionan los balances energéticos de la AIE.

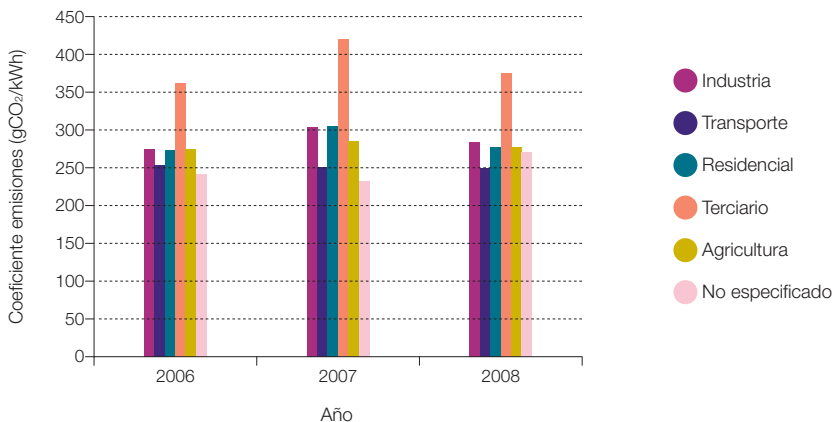
años anteriores al 2008, hemos procedido a evaluar las emisiones sectoriales que se desprenden de los consumos de energía final de los balances de la AIE, mediante unos coeficientes de emisiones para cada tipo de energía final, calibrando el resultado con las emisiones totales que figuran en los balances de la AIE. En la figura 550 muestra-

mos los coeficientes de emisión que como promedio<sup>898</sup> hemos empleado para cada tipo de energía final que aparece en los balances de la AIE, junto con los correspondientes coeficientes de emisiones que resultan para el sistema eléctrico al calibrar con las emisiones totales que figuran en los balances de la AIE. Como podemos observar

**Figura 550.** Coeficientes de emisiones de los distintos tipos de energía final que aparecen en los balances de la AIE. El coeficiente para la electricidad, referido a la producción de electricidad, se ha obtenido calibrando los resultados con las emisiones totales.



**Figura 551.** Coeficientes de emisiones sectoriales asociados a los balances de la AIE.



<sup>898</sup> Debe tenerse en cuenta que, tanto para el carbón como para los productos petrolíferos, los coeficientes de emisiones varían entre los distintos productos empleados, pero al no aparecer esta descomposición en los balances de la AIE, hemos procedido a emplear unos valores medios.

los resultados obtenidos para el año 2008 concuerdan bien con el coeficiente de emisiones de la CNE<sup>899</sup>.

A partir de estos resultados, podemos generar los coeficientes de emisiones sectoriales asociados a los balances de la AIE, que reproducimos en la figura 551. Como podemos observar, el sector edificación terciario destaca sobre los otros sectores por su mayor coeficiente de emisiones, aspecto que está relacionado con el elevado porcentaje de electricidad en la estructura de consumo final de este sector y que, por tanto, se va atenuando al reducir el coeficiente de emisiones del sistema eléctrico.

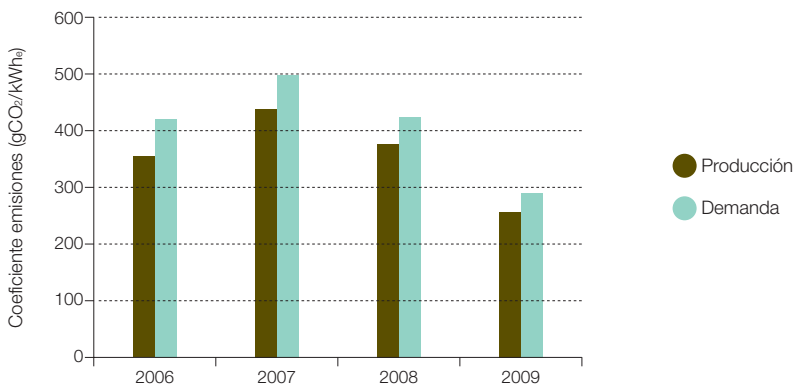
### 3.11.2 Escenarios de transición

En este punto desarrollamos escenarios de evolución de las emisiones del contexto BAU para poder traducir los resultados energéticos de los distintos escenarios de transición a las emisiones que llevan asociadas.

Dadas las incertidumbres en los coeficientes de emisión sectoriales, vamos a desarrollar el escenario del contexto BAU basado en una proyección del coeficiente de emisiones total agregado del sistema energético. Por lo que respecta a la tecnología E3.0 su coeficiente de emisiones es nulo, por lo que no requiere del desarrollo de escenarios adicionales.

El primer paso para desarrollar el escenario del coeficiente de emisiones en el contexto BAU consiste en estimar la evolución del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico para ese contexto. Partiendo de los coeficientes de emisiones oficiales de la CNE para los años 2008 y 2009, adaptándolos para pasar a valores peninsulares basado en los resultados recogidos en el Observatorio de la Electricidad de WWF, completándolos con los valores obtenidos del calibrado de la información disponible en los balances de la AIE, y empleando los rendimientos totales del sistema eléctrico reflejados en los balances de la AIE, obtenemos los resultados reflejados en la figura 552, que nos presenta la evolución

**Figura 552.** Evolución histórica reciente del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico, referido tanto a la demanda final de electricidad como a la producción de electricidad.



<sup>899</sup> El gran incremento en el coeficiente de emisiones del sistema eléctrico al pasar del año 2006 al 2007 es un reflejo de la evolución del coeficiente de emisiones total según los balances de la AIE, pero a juzgar por las otras referencias parece estar más asociado a un error en los datos reflejados por este balance, y en cualquier caso constituye una clara indicación del elevado nivel de incertidumbre que envuelve a los datos de emisiones.

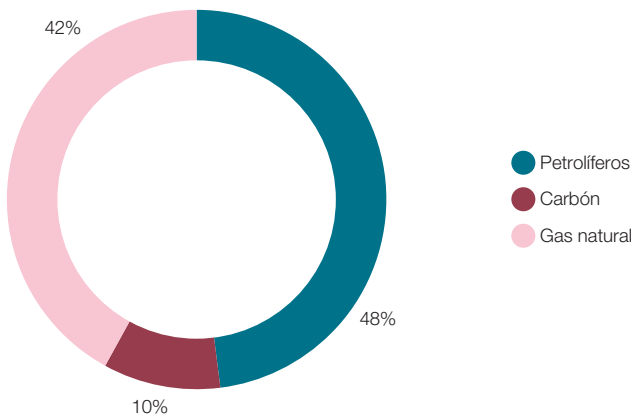
del coeficiente de emisiones del sistema eléctrico, referido tanto a la demanda final como a la producción de electricidad en los últimos años. Las grandes reducciones experimentadas por el coeficiente de emisiones desde 2007 a 2009 son un reflejo del éxito del despegue de algunas tecnologías renovables en nuestro país, y corresponden más al inicio de la transición hacia el contexto E3.0 mediante un escenario responsable, que a la realidad BAU actual, en la que la carencia de inteligencia en los sectores político y administrativo nos ha puesto de manifiesto cómo de rápido es capaz de trancar el inicio de la transición responsable hacia el contexto E3.0. Por tanto, para el escenario BAU de evolución del coeficiente de emisiones supondremos que de esos 289 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub> del año 2009<sup>900</sup>, y gracias a las inercias asociadas a nuestra breve incursión en el escenario de transición responsable, el coeficiente de emisiones del sistema eléctrico evolucionará

hasta 235 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub> en el año 2050 para el contexto BAU.<sup>901</sup>

Por lo que respecta a la estructura del consumo de combustibles fósiles en el contexto BAU para el año 2050, vamos a adoptar la correspondiente al escenario de referencia del estudio [R]E para OCDE Europa (GP, 2010), que reproducimos en la figura 553.

En estas condiciones, las emisiones BAU en 2050 para el conjunto del sistema energético peninsular ascenderían a 493 MtCO<sub>2</sub>/a, con un coeficiente de emisiones total de 239 g CO<sub>2</sub>/kWh inferior al coeficiente de emisiones del año 2007 (302 g CO<sub>2</sub>/kWh). Por lo que respecta al escenario de evolución de este coeficiente de emisiones del conjunto del sistema energético en el contexto BAU, supondremos que durante los primeros años, y debido a las inercias de la etapa anterior de apoyo decidido al desplie-

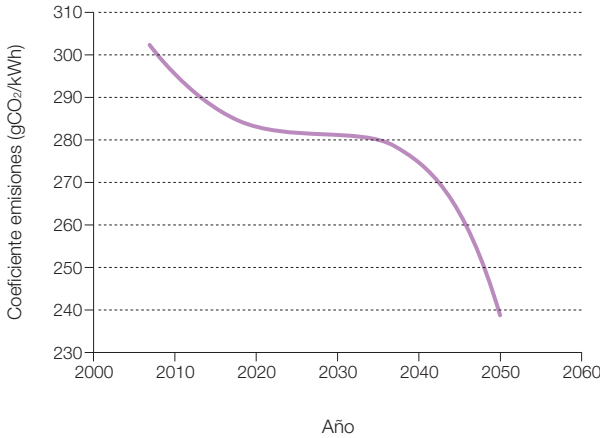
**Figura 553.** Estructura del consumo de combustibles fósiles en el contexto BAU para 2050.



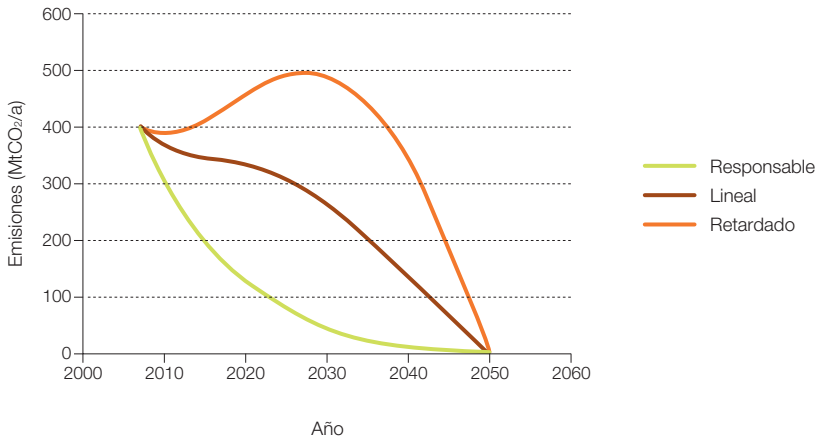
<sup>900</sup> Referido al sistema peninsular y en términos del consumo final de electricidad.

<sup>901</sup> Realmente hay muchas incertidumbres asociadas a esta evolución, tanto por el despliegue de las renovables en el contexto BAU, como por las mejoras de rendimiento en las tecnologías fósiles, y por la evolución del mix de generación. Si consideramos como indicativo del desarrollo BAU la referencia oficial más reciente al redactar este informe (11/2010) el mix energético propuesto por la Subcomisión del Congreso para el Análisis de la Estrategia Energética para los próximos 25 años, el coeficiente de emisiones en el año 2020, referido al sistema peninsular y a la demanda de energía final, y sin considerar evolución tecnológica significativa en las tecnologías fósiles, sería del orden de los 253 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub>, y puede bajar hasta unos 245 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub> si consideramos mejoras tecnológicas en las tecnologías fósiles. En estas condiciones, adoptar para el BAU en 2050 un coeficiente de emisiones de 235 g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>e</sub>, parece adecuado.

**Figura 554.** Escenario de evolución del coeficiente de emisiones total del sistema energético en el contexto BAU.



**Figura 555.** Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sistema energético peninsular asociadas a los tres escenarios de transición considerados.





que de las renovables en el sistema eléctrico, mantiene una tendencia decreciente, aunque con ratios de reducción cada vez menores, hasta llegar a estancarse<sup>902</sup> en torno al año 2020, y permanecer estancado hasta el año 2040 en el que se consigan revertir los efectos negativos para el despliegue de las renovables ocasionados por los planteamientos de los sistemas político y administrativo hasta el año 2010.

En estas condiciones, la evolución de las emisiones asociadas al sistema energético peninsular en los tres escenarios de transición desde el contexto BAU al E3.0 que hemos considerado, serían las que aparecen reflejadas<sup>903</sup> en la figura 555. Como podemos observar al comparar esta figura con la correspondiente a la evolución de la demanda de energía en los tres escenarios de transición, la transición al contexto E3.0 resulta incluso más beneficiosa desde el punto de vista de las emisiones de lo que ya resultaba en términos de energía gracias al coeficiente de emisiones nulo de la tecnología E3.0, atenuando el máximo de emisiones en el escenario de transición retardado e incluso eliminándolo en el lineal, y proporcionando elevadas tasas de reducción en el escenario responsable.

**902** Con la actitud actual del sistema político, incluso habría argumentos para proyectar un periodo con tasas crecientes del coeficiente de emisiones, pero de forma conservadora vamos a limitarnos a proyectar un periodo de estancamiento.

**903** Para el año de partida (2007), las emisiones resultantes son de 397 MtCO<sub>2</sub>/a, superiores a las 348 MtCO<sub>2</sub>/a recogidas en Eurostat. El motivo de esta divergencia es que los resultados de los escenarios aquí desarrollados incorporan la valoración de la mitad del transporte internacional.