

Trabajo Fin de Grado

Ingeniería Civil

El Cambio Climático en la Evaluación Ambiental de Infraestructuras de Obras Civiles

Autor: Rosa María Lora Espinosa

Tutor: Prof. Dr. Eladio Martín Romero González

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Civil

El Cambio Climático en la Evaluación Ambiental de Infraestructuras de Obras Civiles

Autor:

Rosa María Lora Espinosa

Tutor:

Prof. Dr. Eladio Martín Romero González

Dpto. de Ingeniería Química y Ambiental
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2018

Trabajo Fin de Grado: El Cambio Climático en la Evaluación Ambiental de Infraestructuras de Obras Civiles

Autor: Rosa María Lora Espinosa

Tutor: Prof. Dr. Eladio Martín Romero González

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

*A mi familia, tanto a los que
afortunadamente siguen aquí
como a los que ya se fueron.*

A mis amigos.

Agradecimientos

En primer lugar, no solo quiero, sino que debo agradecerle a mi familia el apoyo brindado durante estos años de carrera y a lo largo de toda mi vida en general. Gracias por creer en mí cuando ni siquiera yo misma lo hacía y por haberme dado la oportunidad de formarme no solo académicamente sino como ser humano, otorgándome unos valores por los que siempre os estaré agradecida y enseñándome que el esfuerzo y la constancia siempre tienen su recompensa. Gracias a mis padres, a mis hermanos, a mis abuelos... Pues sin ellos no sería la persona que soy actualmente, una persona que sin ellos no habría llegado a donde está y de la que espero que se sientan orgullosos.

En segundo lugar, no puedo olvidarme de darles las gracias a mis amigos por haber estado siempre a mi lado, tanto en las buenas como en las malas. Gracias por haberme apoyado durante todos estos años, por haber tenido siempre palabras de aliento, por tantos momentos vividos y por aguantar mis innumerables quebraderos de cabeza, hasta cuando carecen de sentido alguno. Sin vosotros este camino habría sido mucho más complicado —y, por qué no decirlo, también más aburrido— y me siento tremendamente afortunada de poder contar con vuestra amistad.

También querría agradecer a todos los profesores de la Escuela que me han impartido clase por transmitirme sus valiosos conocimientos y ayudarme en mi formación académica, en especial a mi tutor, Don Eladio Romero, por apostar por mí en todo momento y por mostrarme la Ingeniería Civil desde un punto de vista totalmente nuevo para mí, motivándome a seguir formándome en este ámbito a través de su docencia y sus consejos.

Rosa M^a Lora Espinosa

Sevilla, 2018

Resumen

De acuerdo a los diversos informes del IPCC, la industrialización de las sociedades avanzadas desde finales del Siglo XIX ha provocado un aumento de la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) en la atmósfera cuya consecuencia fundamental ha sido el aumento de la temperatura media del planeta, asociado a su vez a otros fenómenos tales como incremento de las precipitaciones extremas, episodios prolongados de olas de calor y sequías o inundaciones fluviales y pluviales, acelerando así el ritmo del Cambio Climático. En concordancia con estos estudios, la concentración de dichos gases contaminantes es tal que ni siquiera las medidas de mitigación puestas en marcha para reducir las emisiones de los mismos son suficientes para frenar el calentamiento global, por lo que surge la necesidad de diseñar medidas de adaptación que permitan que la sociedad logre aclimatarse a todos los efectos provocados por el Cambio Climático y se limiten los daños que este pudiera llegar a causar. Para ello, actualmente existen múltiples compromisos cuyo objetivo es lograr el desarrollo sostenible y fomentar prácticas más ecológicas en todos los sectores, incluidos aquellos catalogados como sectores difusos, pues si bien no están asociados a actividades puramente industriales, contribuyen en gran manera a las emisiones globales de GEI de los países más desarrollados. En el ámbito de las infraestructuras civiles, los compromisos en materia de adaptación buscan incentivar la búsqueda de nuevos materiales y técnicas de construcción que permitan crear infraestructuras más resilientes a las exigencias climatológicas actuales y futuras, de manera que su contribución a la mitigación y a la adaptación no se vea comprometida en ningún momento, sin afectar a la necesaria operatividad.

Por otra parte, todo plan o programa que contemple una actividad de entre las incluidas en el Artículo 6 de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental debe ser sometido a un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica que se garantice la protección del medio ambiente del entorno en el que se quiera emplazar dicha infraestructura. Entre esos planes y programas se incluyen aquellos que establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental y se refieran al transporte, por lo que deberán someterse a este proceso todos los planes y programas relacionados con la red de transportes estatal. Sin embargo, en nuestra opinión, esta Ley no contempla de forma suficientemente contundente en su Anexo IV la consideración del cambio climático como parte del contenido de la Evaluación Ambiental Estratégica, por lo que las estrategias de adaptación necesarias para cada uno de estos planes y programas no quedan enmarcadas dentro de los mismos con el suficiente grado de detalle, dificultándose así su consideración. Por ello, este trabajo aporta una propuesta de alcance y contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de planificación de infraestructuras civiles particularizando para el caso de la red vial. Además, se incluyen varias posibles medidas de adaptación para los diversos componentes de la red troncal de transporte española en función de sus vulnerabilidades, así como de las variables climáticas potencialmente más dañinas en cada caso.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Índice	xiii
Índice de Figuras	xv
1 La Problemática del Cambio Climático: Mitigación y Adaptación	11
1.1. <i>Introducción</i>	12
1.2. <i>Conceptos de Mitigación y Adaptación e interrelación entre los mismos</i>	14
1.2.1. Mitigación: trayectorias disponibles y resultados previstos	14
1.2.2. Adaptación	16
1.2.3. Relación entre la Mitigación y la Adaptación	21
1.3. <i>Sectores Difusos</i>	22
1.3.1. Residencial, comercial e institucional	23
1.3.2. Transporte	25
1.3.3. Agrícola y Ganadero	26
1.3.4. Gestión de Residuos	26
1.3.5. Gases Fluorados	27
1.3.6. Industria No Sujeta al Comercio de Emisiones	28
1.3.7. Objetivos de reducción globales a medio-largo plazo	29
1.4. <i>Compromisos en materia de Mitigación y Adaptación</i>	30
1.4.1. El Programa 21	31
1.4.2. Las Conferencias de las Partes (COP)	34
1.4.3. El Libro Verde y El Libro Blanco de la Comisión Europea	36
1.4.4. El Pacto de los Alcaldes	37
1.4.5. Marco 2030	38
1.4.6. Hojas de Ruta 2050	38
1.5. <i>Reglamentación en materia de Cambio Climático</i>	39
1.5.1. Unión Europea	40
1.5.2. España	43
2 La Evaluación Ambiental Estratégica de Planes y Programas: Consideración para la Adaptación al Cambio Climático en Obras Civiles	49
2.1. <i>¿Qué es la Evaluación Ambiental Estratégica?</i>	50
2.2. <i>La Evaluación Ambiental Estratégica de acuerdo con la Directiva 2001/42/CE</i>	50
2.3. <i>La Evaluación Ambiental Estratégica en España: de la Ley 9/2006 a la Ley 21/2013</i>	51
2.3.1. La Evaluación Ambiental Estratégica según la Ley 9/2006	51
2.3.2. La Evaluación Ambiental Estratégica según la Ley 21/2013	53
2.4. <i>La consideración del Cambio Climático en la Evaluación Ambiental Estratégica</i>	57
2.5. <i>Consideración de la Adaptación al Cambio Climático en la Evaluación Ambiental Estratégica</i>	60

3	Los Proyectos de Infraestructuras de Obras Civiles en España: la red troncal de transporte y la consideración del Cambio Climático	63
	3.1. <i>La red troncal de transporte: elementos que la componen</i>	64
	3.1.1 Red vial	64
	3.1.2 Red ferroviaria	65
	3.1.3 Red Aeroportuaria	67
	3.1.4 Red Portuaria	69
	3.2. <i>Escenarios climáticos considerados</i>	70
	3.2.1. Definición y clasificación	70
	3.2.2. Escenarios de cambio climático en España	72
	3.2.2.2. Variables climáticas a considerar	82
	3.3. <i>Potenciales impactos sobre la red troncal de transportes</i>	84
	3.3.1. Consideración de los impactos derivados del cambio climático sobre nuevas infraestructuras	84
	3.3.2. Consideración de los impactos derivados del cambio climático sobre infraestructuras ya existentes	86
	3.4. <i>Posibles medidas de adaptación para las infraestructuras de la red troncal de transportes en España</i>	88
4	Propuesta de Alcance y Contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de Planificación de Infraestructuras: Carreteras. Consideración de olas de calor, sequías e inundaciones pluviales y fluviales	93
	4.1. <i>Propuesta de Alcance y Contenido de un EAE para el caso de carreteras</i>	94
	4.2. <i>Resumen de las propuestas a incluir en el Estudio Ambiental Estratégico de infraestructuras viales</i>	102
5	Conclusiones	104
	5.1. <i>Conclusiones finales</i>	105
	Bibliografía y Referencias	108

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ejemplos de impactos proyectados asociados al promedio mundial del calentamiento en superficie</i>	16
<i>Figura 2. Adaptación al cambio climático como proceso de gestión iterativa del riesgo con múltiples retroalimentaciones</i>	18
<i>Figura 3. Motores climáticos y riesgos clave a considerar en Europa</i>	20
<i>Figura 4. Desglose de las emisiones de GEI correspondientes a los sectores difusos en España</i>	23
<i>Figura 5. Senda de cumplimiento de emisiones de España durante el periodo 2013-2020</i>	29
<i>Figura 6. Posible reducción del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE</i>	39
<i>Figura 7. Mapa de la Red de Carreteras del Estado y vías de gran capacidad</i>	65
<i>Figura 8. Mapa de la Red Ferroviaria de Interés General Titularidad de ADIF Alta Velocidad</i>	66
<i>Figura 9. Mapa de la Red Ferroviaria de Interés General Titularidad de ADIF</i>	66
<i>Figura 10. Red de Aeropuertos y Helipuertos de AENA</i>	67
<i>Figura 11. Red de Puertos del Estado</i>	69
<i>Figura 12. Emisiones anuales totales de CO₂ provenientes de todas las fuentes (energía, industria y cambio de uso de las tierras) entre 1990 y 2100 (en gigatoneladas de carbono (GtC/año) para las familias y los seis grupos de escenarios</i>	71
<i>Figura 13. Emisiones totales de CO₂ acumulativas mundiales (GtC) desde 1990 hasta 2100 e histograma de su distribución por grupos de escenarios</i>	71
<i>Figura 14. Evolución de la temperatura media anual a partir de las estaciones de referencia</i>	72
<i>Figura 15. Cambio de la temperatura máxima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC</i>	73
<i>Figura 16. Cambio de la temperatura máxima en las estaciones más cálidas de acuerdo a los diversos escenarios planteados a a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC</i>	73
<i>Figura 17. Cambio de la temperatura máxima en las estaciones más frías de acuerdo a los diversos escenarios planteados a a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC</i>	74
<i>Figura 18. Cambio de la temperatura mínima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC</i>	74
<i>Figura 19. Cambio de la temperatura mínima por estaciones según los diversos escenarios planteados a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC</i>	75
<i>Figura 20. Cambio de la temperatura máxima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	76
<i>Figura 21. Análisis estacional de las temperaturas máximas según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	76
<i>Figura 22. Cambios en la duración de las olas de calor según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	77

<i>Figura 23. Cambio de la temperatura mínima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	77
<i>Figura 24. Análisis estacional de las temperaturas mínimas según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	78
<i>Figura 25. Cambio en número de días de helada anuales según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	78
<i>Figura 26. Evolución de la precipitación acumulada anual a partir de las series reconstruidas</i>	79
<i>Figura 27. Cambios en el patrón de precipitaciones según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	79
<i>Figura 28. Análisis estacional de las precipitaciones anuales según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	80
<i>Figura 29. Variación del número de días de lluvia esperada según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	80
<i>Figura 30. Cambio en precipitaciones intensas según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	81
<i>Figura 31. Variación de la duración de los periodos secos (días) según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC</i>	81

1 LA PROBLEMÁTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

1.1. Introducción

Las variaciones en el clima de nuestro planeta han sido constantes a lo largo de toda su historia, destacando el ciclo de unos 100.000 años de periodos glaciares seguido de periodos interglaciares. Sin embargo, es evidente que a este fenómeno de causas naturales se suma la acción del hombre, existiendo “un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos” (MAPAMA, 2017)

El efecto más perjudicial de la acción humana sobre el clima terrestre se da en forma de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) debidas al uso de combustibles de origen fósil. Estas emisiones han aumentado desde la era preindustrial en un 70% entre 1970 y 2004 (IPCC, 2014), excediendo de manera notable el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años. De esta forma, según el IPCC puede afirmarse “con un grado de confianza muy alto, que el efecto neto de las actividades humanas desde 1750 ha sido un aumento de la temperatura”.

El calentamiento del sistema climático va acompañado de una serie de consecuencias tales como la disminución de las cantidades de nieve y hielo, el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos y el aumento del riesgo de erosión. Además, se observa un aumento de los eventos de precipitaciones intensas, golpes y olas de calor y episodios de sequía (IPCC, 2014).

Todos estos cambios en los patrones climáticos tienen impactos en diversos sectores como la agricultura, los ecosistemas, los recursos hídricos, la industria o la salud humana. Así, según el IPCC, la sociedad tendría que enfrentarse a riesgos como la escasez de alimentos y de agua, el aumento de defunciones, lesiones y enfermedades transmitidas por el agua y por los alimentos o la imposibilidad de cultivar tierras debido al anegamiento de los suelos, entre muchos otros.

Según la Comisión de las Comunidades Europeas (2009), “ante el cambio climático se requieren dos tipos de respuestas”. En primer lugar, es fundamental la mitigación del cambio climático, es decir, establecer una estrategia que tenga como objetivo la reducción de las emisiones de GEI. No obstante, según el IPCC (2014) “hay abundante evidencia respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios”. Además, en el Libro Blanco de la Comisión de las Comunidades Europeas (2009) se expone que a pesar de que se lograra limitar y reducir las emisiones mundiales de GEI, “el planeta necesitará tiempo para recuperarse de los efectos de los gases de efecto invernadero que ya están en la atmósfera”, por lo que es inevitable que el ser humano sufra los impactos del cambio climático durante “al menos, los próximos 50 años”. Por ello, también es necesario establecer medidas de adaptación, de forma que se pueda reducir el riesgo a sufrir pérdidas debidas a los fenómenos climáticos extremos que están por venir, permitiendo que la sociedad se ajuste a las nuevas condiciones generadas por los efectos de estos gases en la atmósfera.

Ya en 2009, el Libro Blanco de la CEE aseguraba la necesidad de “un planteamiento de carácter más estratégico para que se adopten con tiempo medidas de adaptación eficaces, que garantice una coherencia entre los distintos sectores y esferas de poder”. También se hacía hincapié en esto en el Libro Verde «Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE» (2007), en el que se afirma que “se requiere un planteamiento europeo para garantizar una coordinación adecuada y la eficacia de las políticas que se ocupan de los impactos del cambio climático”. También se insiste en algo fundamental, y es que “aunque la adaptación es ahora inevitable y un complemento indispensable de las medidas de mitigación, no es una alternativa a la reducción de las emisiones de GEI”.

Actualmente, como medida fundamental de mitigación existe el compromiso por parte de varios de los principales países generadores de emisiones de gases de efecto invernadero de reducir las mismas hasta en un 20% en el periodo 2012-2020 respecto a los niveles del año 1990 en el ámbito del Protocolo de Kioto y de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Así mismo, “la UE se ha comprometido a reducir en 2030 las emisiones en su territorio en al menos un 40% con respecto a los niveles de 1990” (AEMA, 2008). Sin embargo, la estrategia de adaptación aún está pendiente de implementarse, pues según Pérez (2015) “en Europa, la atención científica y política sobre la adaptación se ha desarrollado tardíamente”, pues se pensaba que únicamente con la mitigación de los GEI sería suficiente para frenar el calentamiento global.

Así, no fue hasta 2007 la aparición de la adaptación como estrategia visible en la agenda europea y desde entonces uno de los objetivos principales de la estrategia de adaptación de la Unión Europea es fomentar la actuación de los Estados miembros, algo que no termina de concretarse ya que algunos de los mismos se muestran reticentes a adoptar planes nacionales de adaptación. Esto se debe a que dichos Estados “son reacios a que la UE se inmiscuya en áreas que ellos consideran de su competencia, como el uso del suelo, las infraestructuras o la ordenación del territorio en general” (Pérez, 2015). Por todo, la Comisión Europea se ha limitado a adoptar documentos de carácter orientativo que no ofrecen soluciones sólidas a los riesgos que el planeta deberá enfrentar a medio y largo plazo.

Por otra parte, algunos de los Estados miembros han comenzado a desarrollar sus propios planes de adaptación, como es el caso de España. Según datos del IPPC (2014), en el sur de Europa existen previsiones de que se agraven las condiciones existentes (sequías, altas temperaturas...) reduciéndose así la disponibilidad de agua, el potencial hidroeléctrico, el turismo estival y la productividad de los cultivos en general. Al aumentar las olas de calor y la frecuencia de los incendios incontrolados, también aumentarían los riesgos para la salud. Por todo ello, esta nación es una de las pioneras en Europa en desarrollar herramientas políticas relacionadas con la adaptación (Romero, 2015).

Dentro del territorio español, Andalucía es una de las comunidades autónomas más vulnerables al cambio climático debido a su situación geográfica. Según la Junta de Andalucía (2011), “muchos de los impactos previstos en España (sequías, reducción de recursos hídricos, incremento de incendios forestales, desaparición de playas) podrían afectar especialmente a Andalucía”. Por ello se desarrolla el Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático (2011) y el Anteproyecto de Ley Andaluza de Cambio Climático, además de otras estrategias en el campo de la mitigación como el Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012 y su Programa de Mitigación.

A nivel local, el Ayuntamiento de Sevilla (2017) desarrolla un Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenibles (PACES de Sevilla) que comprende medidas tanto en el campo de la mitigación como en el de la adaptación, de forma que puedan establecerse medidas “para que la ciudad esté preparada para prevenir, protegerse de y paliar los posibles efectos asociados a las diferentes amenazas climáticas identificadas”. Este documento sugiere una serie de medidas de adaptación pero no da unas pautas a partir de las cuales llevarlas a cabo de forma sólida, pues como explica Pérez (2015), “la adaptación ha sido objeto (...) de un enfoque más propio del soft law”. Por ello, surge la necesidad de proponer algunas soluciones factibles que encaren de forma directa los desafíos a los que las condiciones climáticas nos harán enfrentarnos en menos de treinta años.

Según el artículo 18 de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, todo Plan o Programa realizado en España debe ser sometido previamente a una Evaluación Ambiental Estratégica para su aprobación (Romero, 2015). Es por esto que para cada medida de adaptación propuesta se realizará dicha evaluación, cuantificando tanto los beneficios como los perjuicios que podría conllevar su realización a nivel medioambiental y eligiendo la más beneficiosa en caso de tener varias alternativas.

1.2. Conceptos de Mitigación y Adaptación e interrelación entre los mismos

Como ya es de sobra conocido, la principal aportación humana a la aceleración del cambio climático es la quema de combustibles fósiles, que da lugar a la aparición de gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases reciben este nombre ya que un exceso de los mismos en la atmósfera retiene el calor provocado por la radiación solar e impide que este se libere de forma natural, actuando de forma similar a como lo hacen los cristales que componen las paredes de los invernaderos. La mayoría de estos gases están presentes en la atmósfera de manera natural pero las elevadas concentraciones que se dan en la actualidad provocan perjuicios sobre el medioambiente, especialmente las de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (NO₂) y gases fluorados.

Según el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (2007), “las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004”, llegando a dispararse el crecimiento de las emisiones de CO₂ hasta en un 80% en dicho periodo. Posteriormente, entre 2000 y 2010 se dieron las emisiones antropógenas de GEI totales más altas en la historia de la humanidad, alcanzando los niveles máximos previstos para dicho decenio, tal y como recoge el IPCC (2014). De acuerdo a este grupo de expertos, este crecimiento de las emisiones está ligado a consecuencias catastróficas a nivel medioambiental como el calentamiento global, el deshielo de los polos o la subida del nivel del mar, entre muchas otras. Es por esto que surge la necesidad de establecer una serie de medidas que frenen la tendencia creciente de estas emisiones e incluso logren invertirla, intentando minimizar en la medida de lo posible las futuras consecuencias de las mismas. Así, comienzan a elaborarse políticas y estrategias de **mitigación**.

De acuerdo al Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014), “la mitigación es una intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero”. La adopción de estrategias de mitigación puede disminuir la magnitud del calentamiento global y por tanto reducir los impactos asociados al mismo, si bien no es posible que solo con la aplicación de estas dichos riesgos asociados al cambio climático desaparezcan por completo. Por ello también son necesarias medidas de **adaptación**, es decir, políticas que permitan prever y limitar las consecuencias derivadas del cambio climático.

Los conceptos de mitigación y adaptación están íntimamente relacionados, pues comités de expertos como el IPCC insisten en que la puesta en marcha de medidas eficaces de mitigación puede reducir la necesidad de ciertas medidas de adaptación, al minimizarse la magnitud de los potenciales impactos climáticos provocados por los GEI. Por tanto, tanto la adaptación como la mitigación serán necesarias para que la afección del cambio climático impacte lo menos posible en la naturaleza y en la sociedad.

1.2.1. Mitigación: trayectorias disponibles y resultados previstos

En cuanto a estrategias de mitigación, tenemos que “no existe una única trayectoria para estabilizar las concentraciones de CO₂eq en un nivel determinado; por el contrario, la bibliografía disponible apunta a la existencia de una amplia gama de trayectorias de mitigación que podrían alcanzar cualquier nivel de concentración” (IPCC, 2014)

En concordancia con este informe, la elección de unas u otras medidas de mitigación dependerá de una serie de factores. Entre ellos destacan el grado de coordinación entre diferentes países para alcanzar los objetivos de mitigación deseados, el nivel de concentraciones atmosféricas de CO₂eq que se quiere alcanzar, las tecnologías disponibles para lograr la reducción de las emisiones o los diversos usos de suelo existentes. En definitiva, el grado de desarrollo de cada sociedad determinará sus posibilidades de mitigación, pues vendrá marcado por sus características socioeconómicas, políticas, culturales y tecnológicas.

Cada trayectoria de mitigación conllevará la obtención de unos u otros resultados, además de llevar implícitos una serie de costes que varían para cada caso. Por tanto, los análisis costes-beneficios de cada posible política a adoptar suelen influir significativamente en la elección final, aunque no deben ser los únicos factores a tener en cuenta. El objetivo prioritario de la mitigación es reducir las emisiones de GEI en un determinado porcentaje a lo largo de un periodo de tiempo concreto, algo que también afecta a otros objetivos a perseguir, como la calidad local del aire. Si los efectos de las medidas de mitigación sobre el resto de objetivos son positivos se denominan “cobeneficios”, mientras que si lo hacen de manera negativa se consideran “efectos colaterales adversos”. De acuerdo al IPCC (2014), “la mitigación puede generar muchos cobeneficios y efectos colaterales adversos, lo que dificulta la realización de análisis exhaustivos”. Todos los efectos colaterales deben ser considerados ya que pueden repercutir en aspectos tan importantes como la salud, la biodiversidad o la seguridad energética y alimentaria, por lo que no solo deben tenerse en cuenta los “costos de mitigación” (es decir, estimaciones en términos monetarios sin tener en cuenta el costo en términos de bienestar de los cobeneficios o los efectos colaterales adversos), sino que las autoridades deben acercarse a las medidas de mitigación desde un enfoque global, que no solo busque beneficios económicos a corto plazo.

No obstante, “la aplicación a nivel mundial de medidas de mitigación integrales y armonizadas podría conllevar importantes beneficios económicos en comparación con la utilización de enfoques fragmentados, pero requeriría el establecimiento de instituciones efectivas” (IPCC, 2014). Por tanto, una adecuada consonancia entre las medidas de mitigación a tomar a nivel mundial lograría que los costos económicos derivados de la aplicación de dichas medidas se redujesen, ya que la cooperación entre estados permite que la mitigación se lleve a cabo en el momento en que es menos costosa. Este objetivo es el que intentan alcanzar las diversas políticas de mitigación actualmente en curso, si bien su efectividad a día de hoy no termina de estar dentro de los baremos deseados, algo que en un futuro también dificultará las labores de adaptación.

“Hay un alto nivel de coincidencia y abundante evidencia respecto a que con las políticas actuales de mitigación de los efectos del cambio climático y con las prácticas de desarrollo sostenible que aquellas conllevan, las emisiones mundiales de GEI seguirán aumentando en los próximos decenios.” (IPCC, 2007). En concordancia con este estudio, suponiendo que los combustibles fósiles sigan manteniendo su posición dominante en el mercado de fuentes de energía a nivel mundial, se esperan aumentos de entre un 25% y un 90% de las emisiones de GEI hasta el año 2030. Si esta tendencia permanece inalterada, el sistema climático mundial experimentará una gran cantidad de cambios cuya magnitud sería aún mayor que la de los impactos observados hasta ahora, por lo que deben esperarse aumentos de temperatura cada vez más elevados y una aparición más regular de fenómenos hasta ahora considerados como extremos, como es el caso de las olas de calor y las sequías. De acuerdo al Cuarto Informe de Evaluación del Cambio Climático, algunos cambios a escala regional serían los siguientes, en función de la magnitud del aumento de la temperatura proyectado.

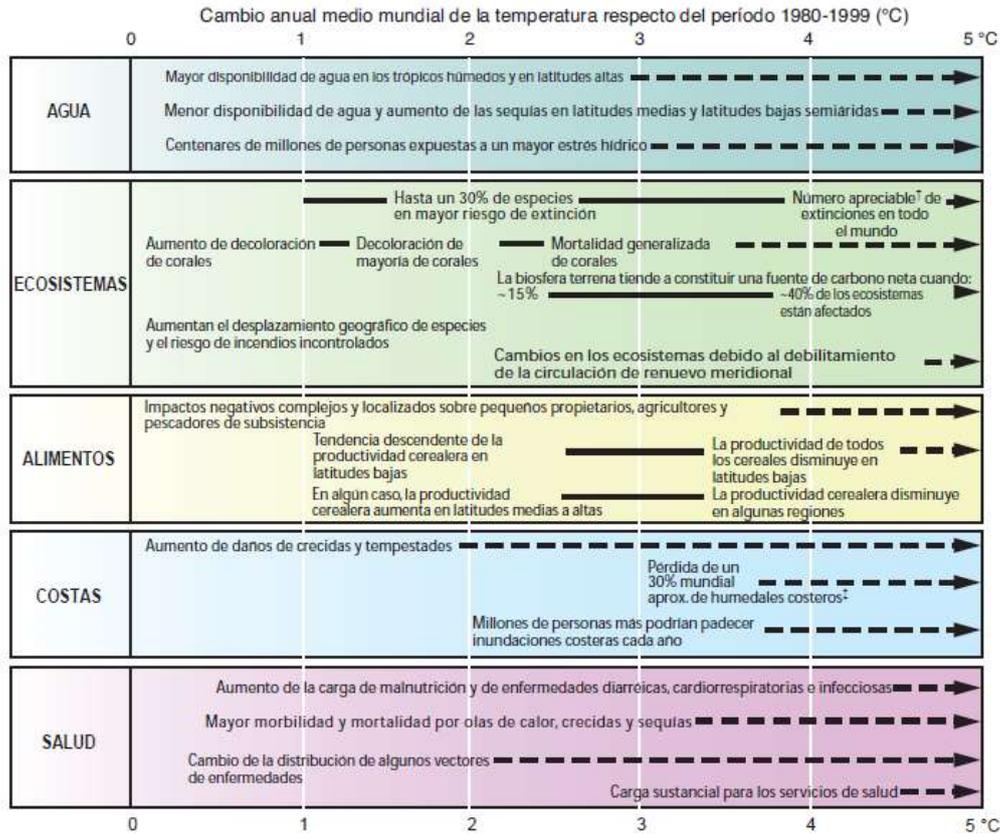


Figura 1. Ejemplos de impactos proyectados asociados al promedio mundial del calentamiento en superficie

“El retraso en desplegar esfuerzos de mitigación adicionales a los ya desplegados actualmente hasta 2030 o posteriormente podría encarecer los costos de la mitigación en los siguientes decenios y en la segunda mitad del siglo de manera significativa” (IPCC, 2014). De acuerdo a este estudio, esto implica que a pesar de las diversas iniciativas ya existentes (como el Protocolo de Kioto o los Acuerdos de París), los esfuerzos que actualmente se realizan para reducir las emisiones de GEI no son suficientes, por lo que debe trabajarse en medidas más ambiciosas que contemplen las opciones tecnológicas de mitigación disponibles, pues estas permitirán alcanzar los niveles de concentración deseados de forma más eficiente, reduciendo los costos de mitigación y las diversas dificultades que puedan surgir durante el proceso. También es muy importante tener en cuenta que, según el IPCC, debido a la cantidad de GEI emitidos desde la Revolución Industrial, se tienen evidencias de que tanto el calentamiento global como el aumento del nivel del mar continuarán durante siglos incluso aunque se estabilicen las concentraciones de dichos gases. Por ello es primordial la consideración de medidas de adaptación a aplicar simultáneamente a las de mitigación, de manera que los diversos sectores de la sociedad (agricultura, ecosistemas, recursos hídricos, salud, industria...) puedan adecuarse de la manera más beneficiosa posible a los cambios en los patrones climáticos que ya no sea posible eliminar o reducir, como el aumento de periodos cálidos y de episodios de precipitación intensa.

1.2.2. Adaptación

De acuerdo al glosario de términos empleado por el IPCC, la adaptación consiste en el “ajuste de los sistemas humanos o naturales frente a entornos nuevos o cambiantes”. Concretamente, la adaptación al cambio climático contendrá “los ajustes en sistemas humano so naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar

sus aspectos beneficiosos”. Por tanto, la adaptación al cambio climático trata de prever los futuros impactos, tanto positivos como negativos, que vendrán dados por las modificaciones que se producirán en los distintos patrones climáticos (temperaturas, precipitaciones, cambios en el nivel del mar...)

Si el ser humano ha ido adaptándose a los cambios climáticos y a los fenómenos extremos que han ido sucediéndose a lo largo de la Historia, lo cierto es que en materia de adaptación actualmente existen muy pocas iniciativas en comparación con las que están disponibles en lo que a mitigación se refiere. Esto puede deberse a que inicialmente se contempló que con políticas sectoriales de mitigación podrían eliminarse por completo los impactos del cambio climático, algo que ya está probado como imposible: ni aunque todas las estrategias de mitigación –tanto las actualmente vigentes como aquellas en desarrollo– se llevaran a cabo de manera exitosa, los efectos de décadas de emisiones acumuladas de GEI seguirían persistiendo en la atmósfera hasta final de siglo, aunque obviamente serían menos severos que en el caso de escenarios sin mitigación.

Por todo esto, la adaptación va incorporándose paulatinamente en diversos procesos de planificación, si bien la mayoría de las medidas propuestas son aún excesivamente teóricas y no profundizan en los procesos de aplicación necesarios para llevarlas a cabo. Para el diseño de estas medidas, se pone especial atención en los impactos esperados y en los sectores más vulnerables a los mismos, de manera que los planes que se pongan en marcha permitan que estos sufran los menores daños posibles.

Como característica fundamental de la adaptación cabe destacar que, de acuerdo a comités de expertos como el IPCC, es mucho más eficiente si se enfoca desde una perspectiva local o regional, al contrario que en el caso de la mitigación a la que siempre se le da un enfoque más global. Esto se debe a que los efectos adversos provocados por el cambio climático no son los mismos en todas las regiones, por lo que es necesario analizar cada caso por separado para poder abordar de manera efectiva las diversas vulnerabilidades relativas a los efectos del clima. Por ello, los gobiernos de distintos niveles están comenzando a desarrollar políticas de adaptación como las siguientes (IPCC, 2014)

- En África, la mayoría de los gobiernos nacionales están iniciando sistemas de gobernanza para la adaptación. La gestión de riesgos de desastre, los ajustes en las tecnologías y la infraestructura, los enfoques basados en el ecosistema, las medidas de salud pública básica y la diversificación de los medios de subsistencia están redundando en una menor vulnerabilidad, si bien hasta el momento se trata de iniciativas aisladas.
- En Europa se ha desarrollado una política de adaptación transversal a todos los niveles de gobierno, con parte de la planificación de la adaptación integrada en la gestión de las costas y de los recursos hídricos, en la protección ambiental y la planificación territorial, y en la gestión de los riesgos de desastre.
- En Asia se facilita la adaptación en algunas esferas mediante la incorporación de las medidas de adaptación climática en los planes de desarrollo subnacionales, los sistemas de alerta temprana, la gestión integrada de los recursos hídricos, la agrosilvicultura y la reforestación costera de manglares.
- En América del Norte los gobiernos dirigen sus esfuerzos a la evaluación y planificación de la adaptación progresiva, especialmente a nivel municipal. Se está produciendo una adaptación proactiva destinada a proteger inversiones a largo plazo en infraestructura energética y pública.
- En América Central y del Sur se está llevando a cabo una adaptación basada en el ecosistema que comprende áreas protegidas, acuerdos de conservación y gestión comunitaria. En el sector agrícola de algunas zonas se están incorporando variedades de cultivos resilientes, predicciones climáticas y una gestión integrada de los recursos hídricos.

Estas estrategias a nivel continental se ven complementadas por planes nacionales o regionales que se focalizan de manera más eficiente en las necesidades de cada zona. Un ejemplo de ello es el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático aprobado en España en 2006, del que posteriormente se derivan planes a niveles locales como el Programa Andalúz de Adaptación al Cambio Climático (2010) o el Plan de Adaptación puesto en marcha por el Ayuntamiento de Sevilla en 2017, enmarcado dentro del Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenibles (PACES). Al igual que sucedía en el caso de las políticas de mitigación, todas las iniciativas serán mucho más exitosas si se llevan a cabo de manera simultánea, por lo que la cooperación entre distintos organismos e instituciones vuelve a ser fundamental para poder dar una respuesta eficaz a los riesgos que vayan surgiendo a partir del cambio climático.

El principal problema asociado a la adaptación es la incertidumbre ligada a la forma en la que se desarrollará el cambio climático y, por tanto, a la gravedad de los impactos y al momento exacto en el que se darán los mismos. Por ello, es primordial incentivar la inversión en el desarrollo de escenarios climáticos regionales aún más consistentes que los ya existentes actualmente, de forma que se obtenga una mayor certidumbre en el conocimiento de los riesgos a combatir y con ello se eliminen ciertos límites que actualmente disminuyen la eficacia de la adaptación.

“Las incertidumbres sobre las futuras vulnerabilidad, exposición y respuestas de los sistemas humanos y naturales interconectados son grandes. Debido a ello, para las evaluaciones de los riesgos se precisa el estudio de una gran variedad de futuros socioeconómicos.” (IPCC, 2014). De acuerdo con este informe, esto hace que no solo deba tenerse en consideración la evolución del clima, sino que también deben estudiarse factores sociales, económicos y culturales ya que de las diversas interrelaciones entre ellos dependerá el desarrollo de unos u otros escenarios climáticos. De ahí la complejidad del desarrollo de estrategias de adaptación, pues los impactos previstos dependerán de múltiples factores cuya evolución es actualmente incierta. Por ello, se intenta evaluar los diversos riesgos en base a diversos tipos de evidencia, como observaciones empíricas, resultados experimentales o métodos estadísticos.

Según el IPCC, actualmente la forma más adecuada de entender la adaptación es hacerlo como un proceso de gestión iterativa de riesgos que permite elaborar propuestas teniendo en cuenta las múltiples influencias climáticas posibles con sus incertidumbres asociadas, en un ciclo que funciona de la siguiente manera:

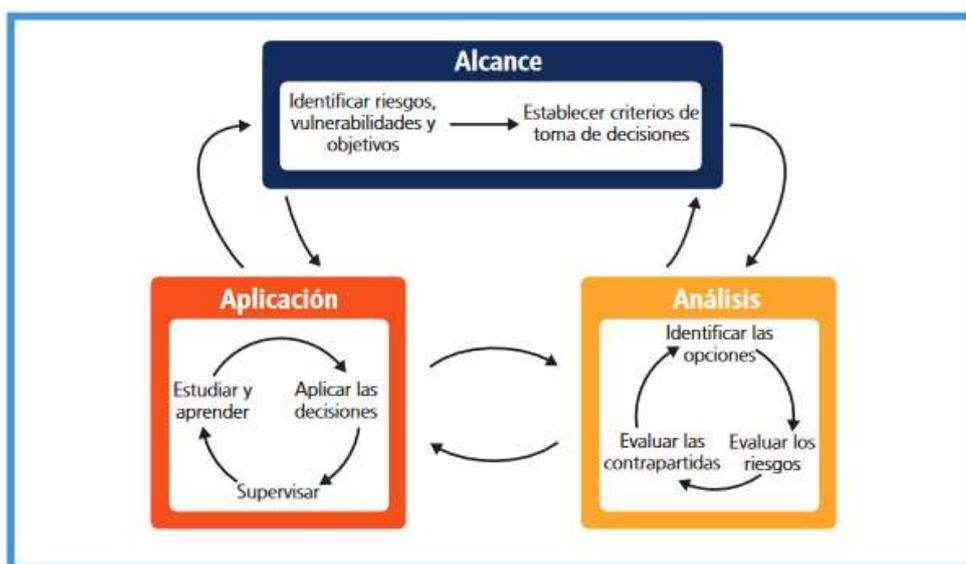


Figura 2. Adaptación al cambio climático como proceso de gestión iterativa del riesgo con múltiples retroalimentaciones

En el análisis de riesgos se intenta determinar la forma en la que las regiones quedarán afectadas tanto por la evolución del cambio climático como por la toma de diversas decisiones socioeconómicas, teniendo en cuenta también si existirán o no medidas de mitigación que reduzcan los impactos en cierto modo. Dentro de este análisis también podemos encontrar ciertos beneficios derivados de la evolución del clima, si bien la gran incertidumbre existente en torno a los mismos hace que deban considerarse con gran cautela por si finalmente dichos efectos positivos no se hiciesen realidad.

Por otra parte, dentro de los riesgos existen algunos potencialmente más dañinos que otros, a los que el IPCC denomina riesgos clave. Dentro de esta denominación entran aquellos cuya peligrosidad es especialmente alta, al igual que la vulnerabilidad de los sistemas expuestos al mismo. Se considera que estos riesgos afectan a todas las regiones y sectores, por lo que constituyen una prioridad a la hora de desarrollar estrategias de adaptación más amplias. Entre ellos se encuentran los siguientes (IPCC, 2014):

- i. Riesgo de muerte, lesión, mala salud o desorganización de los medios de subsistencia en zonas costeras bajas y pequeños Estados insulares en desarrollo y otras islas pequeñas, debido a mareas meteorológicas, inundaciones costeras y elevación del nivel del mar.
- ii. Riesgo de mala salud grave y desorganización de los medios de subsistencia para grandes poblaciones urbanas debido a inundaciones continentales en algunas regiones.
- iii. Riesgos sistémicos debido a episodios meteorológicos extremos que provocan el colapso de redes de infraestructuras y servicios esenciales como la electricidad, el suministro de agua y servicios de salud y de emergencia.
- iv. Riesgo de mayor mortalidad y morbilidad durante períodos de calor extremo, particularmente para poblaciones urbanas vulnerables y personas que trabajan en el exterior en zonas urbanas y rurales.
- v. Riesgo de seguridad alimentaria y fallo de los sistemas alimentarios relacionados con la variabilidad y los extremos del calentamiento, la sequía, la inundación y la precipitación, en particular para las poblaciones pobres de los entornos urbanos y rurales.
- vi. Riesgo de pérdida de medios de subsistencia e ingresos en las zonas rurales debido a insuficiente acceso al agua potable y agua para el riego y a una reducida productividad agrícola, en particular para los agricultores y ganaderos con poco capital en las regiones semiáridas.
- vii. Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad marinos y costeros, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para obtener medios de subsistencia en la costa, especialmente para las comunidades pesqueras en los trópicos y en el Ártico.
- viii. Riesgo de pérdida de ecosistemas y biodiversidad acuáticos terrestres y continentales, y los bienes, funciones y servicios ecosistémicos que proporcionan para los medios de subsistencia.

Todos estos riesgos se verán acentuados si no se logra limitar el ritmo al que avanza el cambio climático, de ahí la necesidad de medidas de mitigación complementarias a las de adaptación que hagan que las amenazas a combatir sean lo menos dañinas posible.

El resto de riesgos pueden ser clasificados en riesgos sectoriales o regionales. Los riesgos sectoriales son aquellos que afectarán a los diversos bloques en que se dividen los sistemas naturales y humanos, mientras que los riesgos regionales son aquellos que afectarán particularmente a una región concreta del mundo.

En cuanto a riesgos sectoriales, de acuerdo a los diversos informes del IPCC, las consecuencias derivadas del cambio climático afectarán a sectores tan diversos como los recursos hídricos (disminuyéndolos de manera sustancial en las regiones más secas), los ecosistemas terrestres

(aumentando el riesgo de extinción de ciertas especies) o los sistemas costeros y marinos (provocando un crecimiento del nivel del mar que acarrearía consecuencias mayoritariamente negativas). También se verían afectados sectores económicos y sociales fundamentales, pues el cambio climático afectaría de forma negativa en la salud de las personas y en la vida útil de las infraestructuras, provocando pérdidas a nivel humano y económico.

Por su parte, los riesgos regionales varían en función de una gran cantidad de factores entre los que se encuentran la capacidad de adaptación de la población y el alcance de las medidas de mitigación que actualmente estén llevándose a cabo. Para el caso concreto de Europa, el IPCC estima en su Quinto Informe de Evaluación (2014) que los principales motores climáticos causantes de impactos serían el incremento de las temperaturas y de las precipitaciones intensas y el aumento del nivel del mar, si bien asegura que existe un potencial de adaptación alto que podría prevenir la mayoría de los daños esperados.

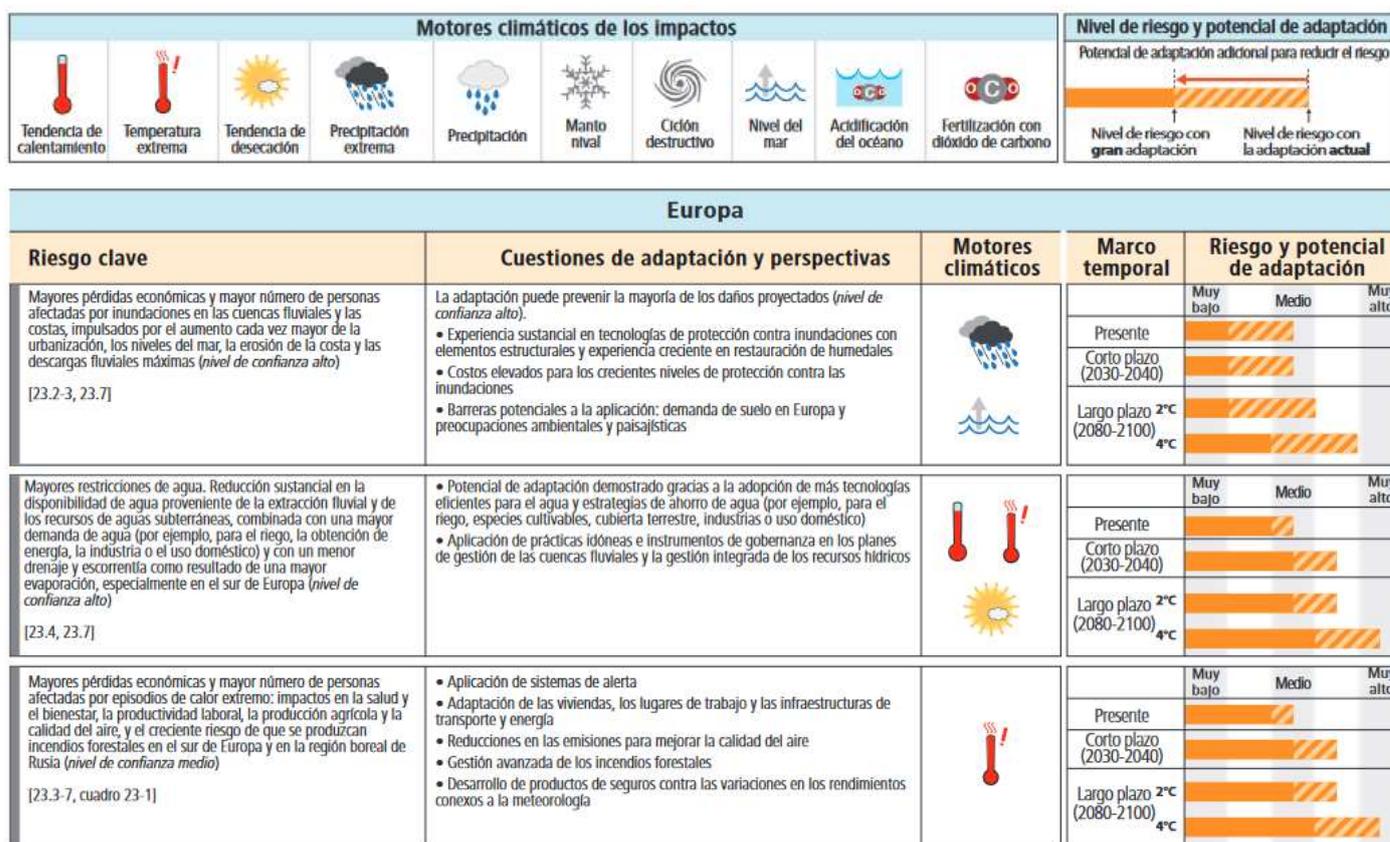


Figura 3. Motores climáticos y riesgos clave a considerar en Europa

Tal y como se señala en la imagen, Europa cuenta con un gran potencial de adaptación si se llevan a cabo medidas eficaces tanto en ese campo como en el de la mitigación. No obstante, en el caso de regiones subdesarrolladas las posibilidades de adaptarse a las consecuencias del calentamiento global disminuyen considerablemente al no contar con la tecnología ni los recursos necesarios, por lo que de nuevo se hace patente la necesidad de políticas de mitigación eficaces a nivel mundial que reduzcan las necesidades de adaptación.

En cuanto al diseño de estrategias de adaptación para cada región, debe insistirse en que “una pobre planificación, un excesivo hincapié en la obtención de resultados a corto plazo o una insuficiente anticipación de las consecuencias podrían dar lugar a una adaptación incorrecta” (IPCC, 2014). Es decir, de acuerdo a este informe, debe siempre considerarse que la finalidad es la obtención de

beneficios a medio-largo plazo, por lo que una planificación insuficiente aumentaría la vulnerabilidad de ciertos sectores y no ayudaría a resolver el problema correctamente, limitando las opciones de lograrlo en el futuro. Otra consecuencia de la apremiante necesidad de beneficios es la poca disponibilidad actual de fondos para llevar a cabo estrategias de adaptación que actualmente impiden el desarrollo de estrategias más definidas tanto a nivel económico como de datos. Por ello, es importante que los responsables de políticas a distintos niveles comiencen a tomar conciencia de la necesidad de destinar un mayor presupuesto a este respecto, pues si ni siquiera pueden desarrollarse modelos con los que prever de forma más exacta las amenazas a tener en cuenta, tampoco podrá llevarse a cabo el diseño de medidas que puedan frenarlas de forma eficaz.

1.2.3. Relación entre la Mitigación y la Adaptación

De acuerdo al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (2007), “tanto la adaptación como la mitigación pueden ayudar a reducir los riesgos del cambio climático para la naturaleza y la sociedad”. Por una parte, la mitigación debe servir para frenar las actuales cantidades de GEI emitidas a la atmósfera debido a la actividad humana, logrando así beneficios a nivel mundial. Por otra, la adaptación es necesaria para hacer frente a los riesgos que ya no pueden evitarse, de forma que al menos se logre limitar en la medida de lo posible los daños que produzcan. Debido a las diferencias entre mitigación y adaptación, diversos comités de expertos señalan que las políticas climáticas no deben decidir entre mitigar el cambio climático o adaptarse a él, sino que deben combinarse ambas estrategias para obtener beneficios a todos los niveles. De acuerdo al IPCC, invertir solo en medidas de mitigación es un error ya que ni las más estrictas pueden evitar el avance del cambio climático causado por todas las emisiones acumuladas durante el pasado siglo, mientras que si solo se ponen en marcha políticas de adaptación, la magnitud del cambio climático seguiría aumentando hasta el punto de que los costes de adaptación serían demasiado elevados y no podría hacerse frente a algunas de las amenazas.

Por tanto, debe existir una interrelación constante entre adaptación y mitigación a todos los niveles de toma de decisiones. Pueden existir acciones de adaptación que también tengan efectos de mitigación positivos o negativos y viceversa. Ello hace que deba analizarse detalladamente cada medida a tomar dentro de ambos campos, de forma que se obtengan la mayor cantidad de resultados provechosos posible. Algunos ejemplos de medidas de mitigación con efectos positivos sobre la adaptación serían la reforestación de una zona rural o la siembra de árboles en ciudades para disminuir el efecto isla de calor.

“La creación de sinergias entre la adaptación y la mitigación puede aumentar la relación coste-eficacia de las acciones y hacerlas más atractivas a posibles financiadores y a otros agentes con capacidad de decisión” (IPCC, 2007) Según este informe, estas sinergias son especialmente interesantes en ciertos sectores como la construcción de edificaciones e infraestructuras urbanas pero se encuentran bastante limitadas debido a la incertidumbre en torno a los riesgos a abordar, por lo que actualmente es complicado encontrar la forma de evaluar el potencial de las mismas. También se señala que es necesario estudiar la forma de compaginar ambas políticas ya que cada una actúa en una escala temporal y espacial diferente: mientras que la mitigación tiene efectos a escala mundial y sus beneficios son a largo plazo, la adaptación trabaja a escalas regionales y locales pero algunos de sus beneficios pueden obtenerse de forma casi inmediata. Por tanto, encontrar el equilibrio entre las decisiones a tomar respecto a ambas medidas es el reto fundamental a la hora de actuar contra los efectos negativos del cambio climático.

“Las capacidades adaptativas y de mitigación de las personas están motivadas por grupos de factores similares.” (IPCC, 2007) De acuerdo a este informe, el desarrollo social y económico de la sociedad es clave en la capacidad de respuesta de la misma tanto en cuestiones de mitigación como de adaptación. Por ello, la promoción de un desarrollo sostenible facilitaría la adopción de ambos tipos de medidas, facilitando también su inclusión en planes sectoriales. Si las políticas climáticas y el

desarrollo sostenible no se entienden como dos partes complementarias de una misma estrategia, lograr una política de mitigación y adaptación eficiente será más difícil, pues habría que atender a muchos otros aspectos y sería mucho más complejo integrar los intereses de todos los agentes afectados por el cambio climático.

En su Quinto Informe de Evaluación (2014), el IPCC señala que para lograr sacar el máximo provecho de la combinación de ambas políticas, deben llevarse a cabo acciones institucionales, conductuales y sobre todo tecnológicas, ya que son estas herramientas las que permitirán la investigación y el desarrollo de medidas mucho más eficaces gracias a que también dan la posibilidad de conocer con mayor certidumbre la forma en la que el clima va a cambiar en cada región.

En definitiva, de acuerdo a expertos como los integrantes del IPCC, la combinación de acciones de mitigación y adaptación combinadas con la investigación y el desarrollo tecnológico será la clave para lograr políticas realmente útiles para combatir el cambio climático, considerando también la cooperación de los diversos sectores de la sociedad, ya que todos deben adoptar medidas con la finalidad de reducir las concentraciones futuras de GEI en la atmósfera y también de adaptarse a los efectos del cambio climático que ya no son mitigables. Dentro de los responsables de dichas emisiones no se encuentran únicamente aquellos sectores de consumo energético intensivo, sino que también hay que prestar atención a los denominados **sectores difusos**.

1.3. Sectores Difusos

De acuerdo al MAPAMA (2018), los denominados sectores difusos son aquellos que, sin estar sujetos al comercio de derechos de emisión de GEI (regulado en España por la Ley 1/2005 de 9 de marzo) también generan estas emisiones, constituyendo en su conjunto otra fuente de GEI a tener en cuenta.

Estos sectores son menos intensivos en el uso de la energía que aquellos que sí están dentro del régimen de comercio de derechos de emisión de la UE. Este acuerdo es una de las herramientas para combatir el cambio climático establecida por la Unión Europea en el Protocolo de Kioto, en vigor desde 2008. Dicho régimen asigna a las diversas empresas pertenecientes a los sectores de mayor consumo energético un determinado número de emisiones de GEI en función de un Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión, existiendo una serie de límites en función del tipo de sector y de la comunidad autónoma en el que se encuentre en el caso de España.

Cada derecho de emisión equivale a una tonelada de CO₂, de forma que las empresas que emitan más CO₂ del que les ha sido asignado deben pagar una multa, pudiendo también vender los derechos que no hayan utilizado (certificados de emisiones excedentes) a otras empresas que no hayan cumplido sus objetivos. Así, este régimen supone una compra-venta de emisiones de GEI entre los 31 países que actualmente están adheridos al mismo (los 28 de la Unión Europea, Islandia, Liechtenstein y Noruega), limitando las emisiones de más de 11000 instalaciones de gran consumo de energía y de las compañías aéreas que operan en esos países.

El límite máximo de emisiones contemplado en el régimen va reduciéndose a lo largo del tiempo, de forma que las emisiones totales también se reducen. Además, el hecho de otorgar un alto precio al carbono hace que se incentive la investigación de otros tipos de energía que generen menos GEI. De esta forma, la Comisión Europea estima que se cubren el 45% de las emisiones de GEI dentro de la UE, ya que no tiene en cuenta las generadas por los sectores difusos.

De acuerdo al MAPAMA, los sectores difusos en España son los siguientes:

1. Residencial, comercial e institucional
2. Transporte

3. Agrícola y ganadero
4. Gestión de residuos
5. Gases fluorados
6. Industria no sujeta al comercio de emisiones

En España se calcula que la suma de las emisiones de estos sectores constituyeron aproximadamente el 62% de las emisiones de GEI totales del país, siendo especialmente relevante la contribución del sector transporte de acuerdo a los siguientes datos:

DISTRIBUCIÓN DE LOS SECTORES DIFUSOS

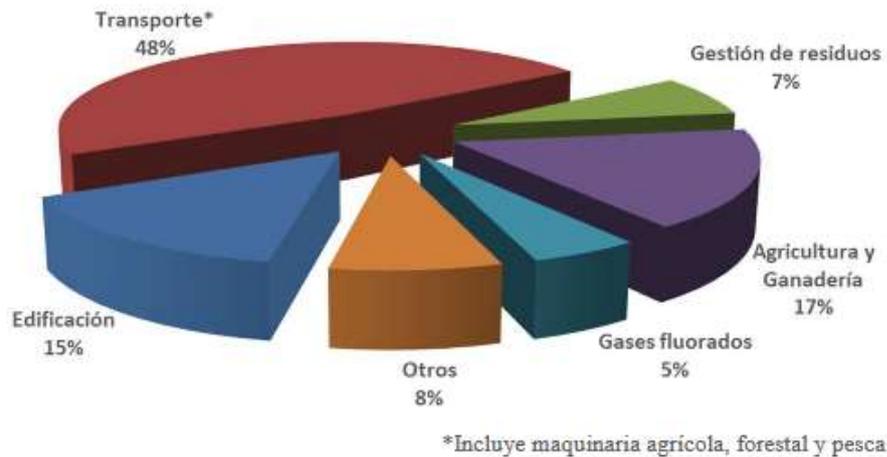


Figura 4. Desglose de las emisiones de GEI correspondientes a los sectores difusos en España

Al constituir más de la mitad de las emisiones de GEI anuales, es evidente la necesidad de tomar medidas para reducir la contribución de estos sectores al cambio climático. Para ello, el MAGRAMA diseñó en 2014 la denominada Hoja de Ruta de los Sectores Difusos a 2020 a través de la Oficina Española de Cambio Climático.

Con esta Hoja de Ruta se pretende lograr el objetivo primordial de reducción del 10% en 2020 de las emisiones difusas respecto a los niveles de 2005 mediante una serie de medidas concretas para cada sector, si bien algunas de las mismas presentan ciertos inconvenientes que hace que su puesta en marcha no pueda ser efectiva a corto plazo. Por ello, este documento pretende ser constantemente actualizado y mejorado, realizando constantes análisis de los escenarios futuros de emisiones y comparándolos con los objetivos a alcanzar.

A continuación se presentan las características fundamentales de cada uno de los sectores difusos en España y las medidas diseñadas para ellos.

1.3.1. Residencial, comercial e institucional

De acuerdo a la Directiva 2012/27/UE, de 25 de Octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, los edificios representan el 40% del consumo de energía final de la Unión Europea. Por ello, “con objeto de aprovechar las oportunidades de crecimiento y de empleo existentes en las actividades económicas especializadas y en los sectores de la construcción, así como en la fabricación de productos para la construcción y en actividades profesionales como la arquitectura, la consultoría y la ingeniería, los Estados miembros deberían crear una estrategia a largo plazo para después de 2020 destinada a movilizar inversiones en la renovación de edificios residenciales y comerciales para mejorar el rendimiento energético del parque inmobiliario.” Esta estrategia debería incluir tanto renovaciones integrales de antiguos edificios como reformas destinadas a lograr edificios con un

menor consumo energético, aumentando su rendimiento en un porcentaje significativo.

En el caso concreto de España, la producción de nueva ciudad ha sido históricamente una de las claves del desarrollo urbanístico. Esto ha dado lugar a concentración masiva de edificios y viviendas que en muchos casos no cumplen los criterios mínimos de eficiencia energética, pues de acuerdo a los datos del MAPAMA, aproximadamente un 55% del parque edificado en suelo español es anterior a 1980 y el 21% se construyó en la década de los 60, hace más de 50 años. Por ello, es necesaria la rehabilitación de todo este sector para intentar adaptarlos a la norma básica de edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas de los edificios, favoreciendo también una mejora en otros sectores como el turístico, pues el deterioro de muchas instalaciones afecta negativamente al prestigio del que habitualmente goza en nuestro país, perjudicando también a la economía nacional.

Por ello, según el MAPAMA, el sector inmobiliario y de la construcción debe adoptar un enfoque más sostenible, que permita atender las necesidades de iluminación y climatización sin generar una elevada cantidad de GEI, algo que sucede en la actualidad ya que se utilizan principalmente combustibles fósiles y gases fluorados. Por ello, en 2018 las emisiones de GEI correspondientes a este sector supusieron un 15% del total de toneladas de CO₂ generadas por los sectores difusos, correspondiendo un 60% al consumo de energía en viviendas y el 40% restante a edificios institucionales y comerciales.

En cuanto a las actuaciones a tener en cuenta para lograr reducir las emisiones de GEI de este sector, la directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios establece que a partir de 2018 todos los edificios institucionales y de titularidad pública de nueva construcción deben ser edificios cuyo consumo de energía sea nulo, haciendo esta obligación extensiva a todo tipo de edificios en 2020. A este respecto, en España se han puesto en marcha algunas normativas como las siguientes:

- Ley 8/2013, de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios (BOE de 13 de abril de 2013)
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) de 20 de julio de 2007 para establecer mayores exigencias relativas al rendimiento energético de los equipos de generación de calor y frío, así como de los destinados al movimiento y transporte de fluidos (BOE de 13 de abril de 2013)
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE de 12 de septiembre de 2013).

También se han aprobado una serie de medidas dirigidas específicamente al sector residencial (como el Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas), al sector no residencial (como el Real Decreto 635/2013, de 2 de agosto, por el que, en desarrollo del "Plan de Impulso al Medio Ambiente en el sector hotelero PIMA Sol", buscando reducir las emisiones de GEI del sector turístico español) y también medidas que afectan a ambos sectores (como el fondo F.I.D.A.E. para financiar proyectos de eficiencia energética y medidas renovables).

1.3.2. Transporte

Este sector comprende todas las emisiones de GEI causadas por los diversos modos de transporte existentes en nuestro país: transporte por carretera, tracción diésel del ferrocarril, transporte marítimo nacional y transporte por tubería. Las emisiones asociadas a otros modos como el transporte por ferrocarril en tracción eléctrica o el transporte aéreo nacional se incluyen dentro del régimen de la UE de derechos de emisión de GEI.

La principal contribución a las emisiones de este sector la realiza el transporte por carretera, siendo estas principalmente de CO₂. Este modo representa más del 80% de la movilidad total a nivel nacional tanto en pasajeros como en mercancías, aumentando este porcentaje cada año. Este sector consume preferentemente combustibles derivados del petróleo y sus contribuciones son mucho mayores que las del resto, por lo que sus emisiones son las más preocupantes de todas las generadas por los sectores difusos.

Actualmente existen medidas de mitigación destinadas a reducir las emisiones de este sector, si bien estas no han dejado de aumentar desde 1990 como consecuencia del incremento de la movilidad de pasajeros y mercancías provocado por el modelo de crecimiento urbanístico disperso actualmente vigente en España, que provoca que haya que recorrer largas distancias desde las zonas residenciales a los núcleos donde se desempeñan actividades laborales. De esta forma, el sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de GEI en España y casi el 40% de las emisiones de los sectores difusos, suponiendo el transporte por carretera el 95% de las emisiones correspondientes a este sector.

Para intentar reducir las emisiones de este sector, se intenta fomentar el uso de modos de transporte más eficientes y menos contaminantes como es el caso del transporte público o la bicicleta en el caso del transporte de pasajeros o el transporte por ferrocarril y el barco en el caso del transporte de mercancías. Para ello se han puesto en marcha medidas como la Estrategia Española de Movilidad Sostenible, que plantea la necesidad de disminuir la dependencia del petróleo fomentando la inversión en I+D y una política industrial de vehículos limpios y eficientes; o el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte, una apuesta del Ministerio de Fomento que pretende planificar todas las actuaciones y políticas a implementar para lograr reducir las emisiones de GEI de este sector y cumplir los objetivos marcados para 2020. Así, se pretende mejorar la eficiencia de la red de transportes española optimizando las infraestructuras ya existentes y creando otras nuevas dentro de una política de sostenibilidad que mejore la calidad ambiental del sistema actual.

También existen actuaciones destinadas a fomentar otro tipo de combustibles menos contaminantes (como el Real Decreto 1597/2011, sobre criterios de sostenibilidad de biocombustibles en transporte y el Real Decreto 1085/2015, de 4 de diciembre, de fomento de biocarburantes) y modos de propulsión con menores niveles de emisión, como el plan MOVEA, que fomenta la compra de vehículos eléctricos o propulsados por combustibles alternativos como gas natural, GLP e hidrógeno. Asimismo, también existen actuaciones que intentan mejorar la eficiencia de los vehículos en el transporte por carretera, tratando también de hacer un uso más eficiente de los mismos. Entre estas iniciativas destacan el plan PIVE para la renovación de vehículos turismos o los antiguos planes PIMA Aire y PIMA Transporte, destinados a financiar la renovación de vehículos comerciales ligeros o pesados de más de siete años de antigüedad.

1.3.3. Agrícola y Ganadero

El sector primario en España ha sido históricamente uno de los más importantes del país, si bien con el éxodo rural perdió parte de su relevancia en favor del sector terciario. No obstante, la superficie agraria útil de España ocupa casi la mitad del territorio español: 23 millones de hectáreas, de las cuales casi 17 millones son de cultivo. Dentro de la superficie cultivada, casi un 80% se corresponde con cultivos de secano, debido al clima cálido que impera en la mayor parte de la península. En cuanto al sector ganadero, según datos del MAPAMA, “en España existen más de 25 millones de cabezas de ganado porcino y más de 16 millones de ganado ovino”, siendo el responsable de la mitad de las emisiones totales del sector agrario en su conjunto.

Las emisiones correspondientes a este sector constituyen más de un cuarto del total de las emisiones difusas, pues el uso de combustibles fósiles, de fertilizantes y de otras sustancias asociadas a la gestión de los suelos como los estiércoles o la urea hacen que el sector agrario se coloque como el segundo sector emisor de GEI por detrás del sector transporte. Sin embargo, este sector es el único que cuenta con la particularidad de ejercer también como sumidero de gases efecto invernadero, debido a la capacidad de los cultivos de captar CO₂ y transformarlo en oxígeno. Por ello, el MAPAMA considera que la actividad agraria también tiene el poder de mitigar el cambio climático y facilitar la adaptación al mismo siempre que se ejecuten de manera correcta una serie de actividades como las siguientes:

- En agricultura: uso adecuado de la fertilización, dosis adaptadas a las necesidades de los cultivos, rotación de cultivos que optimicen el uso de recursos, uso de técnicas de gestión que eviten las pérdidas de carbono orgánico de los suelos.
- En ganadería: correcta gestión de los estiércoles, aplicación correcta en el suelo, reducción de las emisiones de metano.

También destaca la necesidad de ir sustituyendo los combustibles fósiles por energías renovables y de cesar la quema de residuos agrícolas, pues este proceso es uno de los más contaminantes dentro del sector.

Además de estas medidas, existen algunas iniciativas internacionales entre las que destacan la Alianza Global para la Investigación sobre GEI en la Agricultura o la iniciativa 4 por mil para aumentar el contenido de carbono orgánico de los suelos españoles, pues diversos estudios enfatizan el potencial de mitigación y adaptación al cambio climático de este compuesto y los beneficios que supondría el aumento de la cantidad actual de carbono en los suelos agrícolas de los países de la Unión Europea. De esta forma, se intenta lograr un incremento anual de un 0,4% del stock de carbono en los suelos para reducir así la concentración de CO₂ de la atmósfera debido a la actividad humana. No obstante, la adopción de esta estrategia es voluntaria, por lo que cada estado miembro debe decidir si quiere adherirse a la misma y de qué forma quieren ayudar a lograr los objetivos, contribuyendo también a estabilizar el clima y a reforzar la seguridad de los cultivos, reduciendo así la necesidad de diseñar medidas de adaptación para este sector.

1.3.4. Gestión de Residuos

El sector de Gestión de Residuos está compuesto por las actividades de tratamiento y eliminación de residuos generados en los hogares, comercios y pequeñas industrias españolas. Dentro de estas funciones se engloban el compostaje, la biometanización, la incineración y el depósito en vertedero, además del tratamiento de aguas residuales. Todos estos procesos se engloban dentro del marco de la Ley 22/2011 de residuos, que intenta potenciar el reciclaje y dejar la eliminación de residuos como último recurso, pues es esta actividad la más contaminante de todas.

La gestión de residuos supone un 8% de las emisiones difusas totales de España, reduciéndose su contribución a un 5% si consideramos también las actividades sujetas al comercio de derechos de emisión. Estas emisiones han ido aumentando desde 1990, si bien actualmente existen diversas iniciativas cuya finalidad es invertir esta tendencia y llegar a un modelo más sostenible de planificación de residuos.

Dentro de este sector, las actividades asociadas a los vertederos son sin duda las que más emisiones generan, constituyendo más del 80% del total. Esto se debe a que los residuos orgánicos depositados en los vertederos se descomponen generando metano (CH₄) durante periodos de tiempo que pueden llegar a ser décadas, por lo que al igual que sucede en otros campos, muchas de las emisiones actuales son heredadas debido a la acumulación de residuos a lo largo de estos años.

Por ello, la mayor parte de las actuaciones destinadas a reducir la emisión de GEI de este sector están enfocadas a reducir la cantidad de residuos orgánicos que se depositan en vertedero, tratando también de evitar que las cantidades actuales de metano existentes se emitan a la atmósfera. Para ello, se fomentan medidas como las siguientes:

- Evitar la generación masiva de residuos
- Incentivar su recogida separada y valorización posterior por compostaje o biometanización.
- Dar otros usos a los residuos para evitar su quema: aprovecharlos como combustible, biometanizarlos para aprovechamiento térmico, transformarlos en compost...
- Colocación de sistemas de captación en los vertederos para evitar la liberación de metano a la atmósfera.

Además de la Ley 22/2011 de 28 de julio de residuos y suelos contaminados, existe otra legislación relevante tanto a nivel europeo (Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas) como a nivel nacional (Programa Estatal de Prevención de Residuos, PIMA Residuos para la mejora de puntos limpios municipales...)

1.3.5. Gases Fluorados

Aunque la principal contribución de todos los sectores a la emisión de gases de efecto invernadero se realiza en forma de CO₂, existen otros gases igualmente perjudiciales, solo que se emiten en menor cantidad. Algunos de ellos son gases fluorados de efecto invernadero, entre los que están:

- Hidrofluorocarbonos (HFCs),
- Perfluorocarbonos (PFCs) y
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Estos gases tienen un alto potencial de calentamiento atmosférico y pese a ello su uso se ha visto incrementado en los últimos años, debido a que comenzaron a utilizarse en sustitución a otros gases que destruyen la capa de ozono, como los clorofluorocarbonos y los hidrofluoroclorocarbonos.

La utilización de gases fluorados es especialmente relevante en el sector de la refrigeración (particularmente en la refrigeración comercial) y la climatización, si bien también podemos encontrarlos en los aerosoles o en el material utilizado para la extinción de incendios. También es una fuente contaminante la propia fabricación de estos gases, ya que durante este proceso también se producen emisiones de HFCs.

Las emisiones de gases fluorados suponen un 5% del total de las emisiones de GEI difusas y se deben principalmente a las fugas de los equipos que los utilizan: refrigeración y climatización, extinción de incendios, aislamiento eléctrico y térmico, aerosoles... Y su tendencia actual es la de

crecimiento, algo que actualmente se intenta cambiar con medidas de tipo fiscal, regulatorio, de carácter voluntario y de carácter formativo.

Entre las medidas de carácter fiscal destaca el impuesto de los gases fluorados de efecto invernadero creado a través del artículo 5 de la Ley 16/2013, que pretende incentivar otras alternativas a estos gases para lograr que se usen sustancias con menor potencial de calentamiento atmosférico. Este tipo impositivo se basa en el potencial de calentamiento atmosférico de los gases fluorados utilizados y se puede recuperar parte del mismo si se acredita una correcta recuperación y gestión de estos gases al final de la vida útil de los equipos que los utilizan.

En cuanto a medidas de carácter regulatorio, existen el Reglamento 517/2014 desarrollado por la Unión Europea, cuya finalidad es la reducción progresiva de la comercialización de HFCs hasta lograr que se comercialice un 79% menos de estos gases que durante el periodo 2009-2012; y el Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero, por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos, así como la certificación de los profesionales que los utilicen y por el que se establecen requisitos técnicos para las instalaciones que funcionen con este tipo de gases. Ambas medidas intentan establecer también una serie de prohibiciones para equipos nuevos como aires acondicionados y bombas de calor, tratando de fomentar el uso de gases menos contaminantes e igualmente efectivos para labores de climatización y refrigeración.

Como medida de carácter voluntario destaca el “Acuerdo para la gestión integral del uso del SF6 en la industria eléctrica más respetuosa con el medio ambiente representados por AFBEL, las compañías de transporte y distribución de energía eléctrica representadas por REE y UNESA y los gestores autorizados residuos de gas SF6 y de equipos que lo contienen, para una gestión integral del uso del SF6 en la industria eléctrica más respetuosa con el medio ambiente.” Este acuerdo tiene un periodo de vigencia comprendido entre 2015 y 2020 e incluye compromisos voluntarios para la reducción de emisiones del gas SF6 tanto en la fabricación como en el uso de equipos de climatización y refrigeración, preocupándose también de la gestión de los mismos al final de su vida útil.

Finalmente, también existen medidas de carácter formativo puestas en marcha por la Oficina Española de Cambio Climático, como el programa de formación online gratuito Real Alternatives, que pretende ayudar a la formación de profesionales del sector de la climatización y la refrigeración en el manejo de alternativas a los HFCs.

1.3.6. Industria No Sujeta al Comercio de Emisiones

En este apartado se incluyen todas las actividades industriales que no están sometidas al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión.

La industria siempre ha sido una de las mayores consumidoras de energía tanto en la Unión Europea como en España, por lo que también ha sido tradicionalmente una de las fuentes más importantes de emisiones de GEI. Por ello, desde hace décadas se intenta realizar una transición hacia una economía baja en carbono, en la que las empresas continúen siendo una de las claves del empleo y del crecimiento económico y social pero logrando un desarrollo industrial más sostenible que el actual. Para ello, habitualmente se diseñan medidas de apoyo financiero que permitan la reindustrialización de ciertas zonas para que cuenten con recursos más modernos e introduzcan nuevas líneas de producción así como la mejora de las líneas ya existentes.

Las actividades más destacables dentro de este sector son el procesado de energía, diversos procesos industriales y el uso de disolventes. Si bien son procedimientos bastante contaminantes, las nuevas tecnologías y la mejora de los procesos industriales han limitado bastante las emisiones de los mismos, haciendo que otros sectores como el del transporte las superasen en cantidad de emisiones.

No obstante, en España, el sector industrial que no está sometido al Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (ETS) supone un 8% del total de las emisiones de los sectores difusos, por lo que si bien su aporte no es tan elevado como el de otros sectores debido a las medidas de ahorro y eficiencia puestas en marcha desde la década de los 70, también deben tenerse en cuenta medidas que permitan reducir estas emisiones hasta cumplir los objetivos propuestos para 2020.

Para ello, actualmente existen diversos proyectos de eficiencia energética en la industria consistentes en el uso de electricidad de origen renovable, la sustitución de combustibles fósiles por alternativas menos contaminantes, el aprovechamiento de calor residual... Todas ellas enmarcadas dentro del Plan de Acción 2014-2020, una estrategia conjunta de la Unión Europea que intenta implementar medidas como auditorías energéticas, mejora de la tecnología de equipos y la puesta en marcha de sistemas de gestión energética. Además, en España se desarrolla el programa de ayudas PYME destinado a subvencionar actuaciones que reduzcan el consumo de energía final y las emisiones de CO2 mediante la ejecución de proyectos de ahorro y eficiencia energética.

También destaca el Registro de Huella de Carbono vigente desde el año 2014, disponible para todas aquellas empresas que quieran luchar contra el cambio climático. En este registro, las organizaciones pueden calcular su huella de carbono y la manera de reducirla o compensarla, para lo que existe el plan PIMA Empresa, que incentiva la puesta en marcha de planes de reducción de las empresas inscritas.

1.3.7. Objetivos de reducción globales a medio-largo plazo

Como ya se ha visto anteriormente, durante el periodo 2013-2020 la Unión Europea tiene el compromiso de reducir sus emisiones de GEI un 10% respecto a los niveles del año 2005. Esta reducción global se repartió entre los distintos estados miembros mediante la Decisión 406/2009/CE de reparto de esfuerzos, correspondiéndole a España una reducción del 10%. Por ello se pusieron en marcha las medidas anteriormente reseñadas para cada sector, de forma que cada año fuese reduciéndose la cantidad de gases efecto invernadero según las asignaciones anuales de emisiones (AEAs) marcadas mediante las Decisiones 2013/162/UE, 2013/634/UE y 2017/1471/UE, que en el caso de España son las siguientes:

2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
227.563	225.648	223.733	221.817	218.263	216.306	214.348	212.390

Figura 5. Senda de cumplimiento de emisiones de España durante el periodo 2013-2020

Este compromiso se alargó cuando en octubre de 2014 se aprobó en el Consejo Europeo definir objetivos más ambiciosos para el periodo 2021-2030. En concreto, el Reglamento 2018/842/UE de Reparto de Esfuerzos establece que los sectores difusos deben contribuir a reducir las emisiones de la Unión Europea en un 30%, asignándole a España un objetivo de -26%.

Más allá del año 2030, se espera alcanzar una reducción global en la Unión Europea de hasta un 40% de las emisiones de los GEI. En el caso de España, los sectores difusos provocan más de la mitad de las emisiones globales del país, por lo que la elaboración de estrategias eficaces de mitigación para estos sectores es clave para alcanzar todos los objetivos propuestos. Para ello, actualmente existe una hoja de ruta de los sectores difusos a 2020 que establece las medidas a llevar a cabo para lograr el primer objetivo de una reducción del 10%, además de existir numerosas políticas y medidas fuera del ámbito de dicha hoja de ruta que intentan frenar el crecimiento de las emisiones a través de la colaboración de diversos ministerios, administraciones autonómicas y entes locales.

También son importantes las iniciativas transversales como los Planes de Impulso al Medio

Ambiente (PIMAs), los Proyectos clima o el Registro de Huella de Carbono, que tratan de promover actuaciones de mitigación sobre más de un sector simultáneamente, de forma que se mejoren las condiciones medioambientales con mayor rapidez logrando además un efecto positivo sobre el desarrollo económico y el fomento del empleo.

De todas las medidas y planteamientos puestos en marcha, los fundamentales son los relacionados con el sector del transporte, pues es el responsable de la mitad de las emisiones globales de estos sectores y necesita estrategias más eficaces para lograr resultados acordes a las necesidades de reducción actuales. Por ello, más allá de todos los planes actualmente puestos en marcha, se necesita diseñar planes de mitigación y adaptación individuales para cada foco contaminante del sector (pues por ejemplo, no puede abordarse de la misma forma el transporte por carretera y el marítimo), incluyendo estas medidas tanto en planes de reforma o ampliación de las instalaciones actuales como en futuros planes y programas de nuevas infraestructuras.

1.4. Compromisos en materia de Mitigación y Adaptación

Desde que el IPCC publicase en el año 1990 el Primer Informe de Evaluación acerca del cambio climático, los diversos organismos y entes públicos existentes a nivel comunitario y sectorial han tratado de frenar el avance del calentamiento global a través de una serie de compromisos que buscan fomentar la cooperación entre países y regiones para lograr resultados palpables a nivel mundial.

Ya en dicho informe, el Grupo de Expertos que compone el IPCC afirmaba con total seguridad que existía en la Tierra “un efecto de invernadero natural que hace que la Tierra sea más cálida de lo que sería en caso de no existir ese efecto”, y que “las emisiones producidas por las actividades humanas aumentan sustancialmente las concentraciones atmosféricas de los gases que producen efecto de invernadero: anhídrido carbónico, metano, clorofluorocarbonos y óxido nitroso.” De acuerdo a este informe, con esos incrementos también aumentaría el efecto invernadero, produciéndose un calentamiento adicional de la superficie de la Tierra.

Además, el IPCC opinaba con seguridad que “las concentraciones atmosféricas de gases persistentes (anhídrido carbónico, óxido nitroso y CFCs) reaccionan con lentitud a las variaciones que registran sus emisiones. Si las emisiones de estos gases continúan al ritmo actual, los aumentos de concentración se dejarán sentir durante siglos. Cuanto más sigan aumentando las emisiones al ritmo actual, mayores tendrán que ser las reducciones para que las concentraciones se estabilicen a un nivel determinado”. En base a ello, establecieron una serie de predicciones acerca del aumento de la temperatura media mundial (que podía llegar a alcanzar +4,5°C en el peor de los escenarios) y una elevación del nivel del mar de hasta 0,5 metros, todo ello debido a un incremento constante del CO₂ presente en la atmósfera si no se tomaban medidas para combatirlo.

Ya en el Segundo Informe de Evaluación presentado en 1995, comienzan a examinarse varios métodos para reducir las emisiones y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero, es decir, comienzan a ofrecerse diversas opciones de política para la mitigación. Si bien aún es un análisis superficial en algunos aspectos (pues no entra en las consecuencias macroeconómicas que pueda tener la puesta en marcha de estrategias de mitigación), el IPCC ya advierte que “sin intervención política puede haber una importante expansión de las emisiones en los sectores industrial, del transporte y comercial/residencial”. No obstante, apuntaba que existían formas de aumentar la eficiencia de ciertos sectores entre el 50% y el 60% en numerosos países, permitiendo economizar entre un 10% y un 30% de energía con respecto a los niveles de aquel entonces. Por ello, ya se aportaban algunas medidas de mitigación en algunos sectores como el de suministro de energía o el de agricultura, de forma que pudiesen ser estudiadas y puestas en práctica lo antes posible para no llegar a las consecuencias que pronosticaban los escenarios más catastróficos.

Desde entonces, los diversos informes que han ido sucediéndose han incorporado en sus predicciones escenarios en los que se contemplan las medidas de mitigación y adaptación y otros en los que no, demostrándose que la no adopción de este tipo de políticas llevaría a un gran deterioro de las condiciones ambientales actuales en un corto espacio de tiempo, pues si a las emisiones acumuladas históricamente desde la Revolución Industrial se suman las actuales sin ningún tipo de limitación de las mismas, el efecto invernadero crecería hasta provocar consecuencias que requerirían medidas de adaptación demasiado costosas y complejas para ser llevadas a cabo.

Por ello, la mayoría de países y ciudades desarrolladas siguen adoptando diversos compromisos para reducir sus emisiones e investigar medidas de adaptación a las consecuencias que ya no son mitigables. Entre ellos destacan los siguientes.

1.4.1. El Programa 21

Este proyecto fue el primer acuerdo propuesto por las Naciones Unidas (ONU) para comenzar la senda hacia un desarrollo sostenible, aprobado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (también denominada “Cumbre de la Tierra”) celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992. Se trata de un plan de acción exhaustivo que debe ser adoptado a nivel universal, nacional y local por los diversos gobiernos de cada zona afectada por la influencia del ser humano. En dicha conferencia, más de 178 países firmaron la Agenda 21, la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo y la Declaración de Principios para la Gestión Sostenible de los Bosques.

Dentro de la Agenda 21, se contempla la conservación y gestión de los recursos para el desarrollo sostenible, incluyendo aspectos tan importantes como la protección de la atmósfera, la lucha contra la deforestación o la protección de los mares y océanos. Además, se integran aspectos igualmente importantes como el fortalecimiento del desarrollo de políticas internas conexas, la lucha contra la pobreza o medidas en favor de la mujer y de la infancia, pues se considera que todos estos aspectos sociales y económicos están íntimamente ligados con la mejora de las condiciones medioambientales.

En mayo de 1994 se aprueba la Carta de las Ciudades Europeas hacia la Sostenibilidad, conocida como Carta de Aalborg al celebrarse la Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles en dicha ciudad.

Con la firma de esta Carta, diversas ciudades y poblaciones se comprometían a participar en las iniciativas locales del Programa 21 y a desarrollar programas a largo plazo hacia un desarrollo sostenible, a la par que se iniciaba la campaña de ciudades europeas sostenibles. De esta forma, se daba un paso más en la protección del medio ambiente, trasladando los resultados de la Cumbre de la Tierra de 1992 a la gestión ambiental de los diversos países y ciudades europeas.

De acuerdo a Romero (2015), “la Carta contiene tres partes: la primera es una declaración de consenso, la segunda está basada en la Campaña de las ciudades europeas hacia la sostenibilidad y la tercera trata sobre la participación en las iniciativas locales del Programa 21 (Planes de acción local a favor de la sostenibilidad)”. En este proyecto se incorporaron una gran cantidad de sugerencias y observaciones tras debatirse su contenido por más de 600 participantes. No obstante, los redactores de la Carta consideraron que muchas de estas propuestas necesitaban estudiarse de manera más detallada, por lo que se acordó que la Carta fuese desarrollada de forma más extensa y sometida a votación durante la Segunda Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles celebrada en Lisboa en 1996.

En esta conferencia, denominada “De la Carta a la Acción”, comenzó a definirse el proceso de Agenda Local 21 como un plan de acción a largo plazo hacia la sostenibilidad, estableciéndose un

programa de trabajo y un calendario de acciones con el que ir logrando objetivos claros. Además, se hacía hincapié en la necesidad de cooperación entre pueblos y ciudades para lograr implementar conjuntamente medidas de protección del clima y del medioambiente, asumiendo las responsabilidades de los impactos negativos provocados por la acción humana y trabajando para combatirlos y mitigarlos.

La conferencia de Lisboa tiene su continuación en la Tercera Conferencia Europea sobre Ciudades y Pueblos Sostenibles, conocida como la Conferencia de Hannover (2000). En dicha conferencia se evaluaron los avances realizados para alcanzar la sostenibilidad de los diversos pueblos y ciudades que se habían comprometido a comenzar un proceso de Agenda 21 Local, definiendo también los objetivos a alcanzar durante el siglo XXI.

Desde la Conferencia de Hannover se hizo un llamamiento a la comunidad internacional para que se diese más apoyo a la implementación de la Agenda 21 en países que aún no se habían comprometido con el desarrollo sostenible y para que se diese más prioridad al desarrollo sostenible a escala local. También se puso de manifiesto la necesidad de establecer una tasa de energía para toda Europa así como indicadores y estrategias comunes para todos los países de forma que pudiese evaluarse el progreso de cada pueblo o ciudad en la búsqueda de la sostenibilidad.

Cuatro años después se celebró en Aalborg la IV Conferencia Europea de Ciudades Sostenibles (2004), bajo el lema "Aalborg + 10 - Inspiración para el futuro". En esta ocasión las ciudades firmantes se comprometieron a cumplir diez compromisos fundamentales relacionados con todos los campos importantes para la consecución de una ciudad sostenible: el cuidado de los recursos naturales, la gestión municipal, el consumo, las formas de gobierno... Proponiéndose acciones relacionadas con aspectos tan importantes como la reducción de los residuos o la promoción de energías y métodos de transporte más eficientes.

Los 10 Compromisos de Aalborg+ son los siguientes:

1. Gobernanza.
2. Gestión local hacia la sostenibilidad.
3. Bienes naturales públicos.
4. Consumo responsable y elección consciente del estilo de vida.
5. Planeamiento y diseño.
6. Mejor movilidad, menos tráfico.
7. Acción local para la salud.
8. Economía local dinámica y sostenible.
9. Equidad y justicia sociales
10. De lo local a lo global

De esta forma se intenta asegurar un desarrollo sostenible a la vez que se responde al reto de la cooperación entre los diversos ámbitos gubernamentales.

Este último aspecto es especialmente en el décimo compromiso, "De lo local a lo global", que fomenta la protección del clima mediante el desarrollo de un enfoque integrado para mitigar el cambio climático centrado en la consecución de un nivel sostenible de emisión de GEI. Además, se insiste en la necesidad de integrar la política de protección medioambiental en el marco de políticas relacionadas con la energía, el transporte o los residuos, pues todas estas áreas tienen una incidencia fundamental en el cambio climático. También se pretende aumentar la concienciación sobre las causas y los impactos del calentamiento global, favoreciendo el estudio de medidas preventivas que ayuden no solo a la mitigación sino también a la adaptación.

En 2007 se celebró la V Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles – "Llevando los compromisos a la calle" en Sevilla, una de las ciudades más comprometidas en materia de

sensibilización sobre los efectos del cambio climático en las ciudades y también una de las más activas en el desarrollo de un sistema de indicadores que permitieran cuantificar la mejora que suponían las diversas medidas puestas en marcha por las ciudades y los pueblos firmantes de la Carta de Aalborg en la búsqueda de la sostenibilidad.

El objetivo de esta quinta conferencia fue el de conocer los logros de los Gobiernos Locales europeos en materia medioambiental y el fomento de procesos de sostenibilidad local, así como comprobar los avances en el cumplimiento de los compromisos de Aalborg. Sobre esta base se debatieron una gran cantidad de propuestas y retos para la sostenibilidad diaria, incidiéndose también en la necesidad de difundir entre los ciudadanos los compromisos de Aalborg, llevándolos a la calle y fomentando su práctica diaria.

La VI Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles se realizó en Dunkerque (Francia) en 2010, bajo el lema “Las nuevas responsabilidades de nuestras comunidades”. En ella se analizaron fundamentalmente las consecuencias de la crisis económica en el medio ambiente, identificando los cambios a realizar mientras se continuaba analizando la incidencia de los diferentes sectores en el desarrollo sostenible de Europa.

En 2013 se celebró en Ginebra (Suiza) la VII Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles, cuyo lema fue “Una economía socialmente responsable: ¿La solución en tiempo de crisis?”. En esta ocasión se continuó con la línea de la anterior conferencia y se dio especial importancia a la identificación de mecanismos institucionales que permitiesen combatir la crisis financiera y ambiental, tratando de lograr la sostenibilidad en todas las áreas de la administración pública.

La última reunión de este tipo celebrada hasta el momento fue la VIII Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles en Bilbao (España), bajo el lema 'Acción Transformadora: el potencial de Europa' en 2016. Entre otras muchas iniciativas, en esta ocasión destacó la aprobación de la “Declaración Vasca”, una nueva hoja de ruta para las ciudades y los pueblos tras los Compromisos de Aalborg. Esta declaración se basa en la necesidad de realizar una serie de transformaciones con el fin de:

1. descarbonizar nuestros sistemas de energía y reducir el consumo total de este recurso,
2. crear patrones sostenibles de movilidad urbana y accesibilidad,
3. proteger y mejorar la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas,
4. reducir el uso de terreno no urbanizado y espacio natural,
5. proteger los recursos hídricos, la calidad del agua y la del aire,
6. adaptarse al cambio climático y reducir el riesgo de catástrofes,
7. mejorar los espacios públicos para crear entornos de convivencia, seguros y dinámicos,
8. conseguir viviendas suficientes y adecuadas para toda la ciudadanía
9. garantizar la inclusión y la integración social de todos los estamentos de la sociedad,
10. fortalecer nuestras economías locales y las oportunidades de empleo local.

Para ello se estudiaron formas innovadoras de financiación como el crowdfunding o la financiación cooperativa y se estableció el compromiso de implicar activamente a la ciudadanía en la búsqueda del desarrollo sostenible y una economía circular que redujese los residuos y fomentase el uso de energías no basadas en combustibles fósiles.

En España son cada vez más la cantidad de municipios que han firmado la Carta de Aalborg o están en trámites de hacerlo, algo que las comunidades autónomas se centran en fomentar a través de la firma de convenios o de diversos programas de financiación. De esta forma se demuestra el interés de las mismas en crear ciudades sostenibles a largo plazo. No obstante, de acuerdo a Aguado *et al.* (2007), “la cooperación entre comunidades autónomas, a pesar de que el grado de mimetismo en las actuaciones emprendidas es alto, es todavía reducida”, si bien “se observan en los últimos años

algunos esfuerzos importantes en esta dirección”. Además, destaca el hecho de que apenas se han elaborado Agendas 21 regionales o provinciales, algo que no favorece el equilibrio entre los diversos niveles gubernamentales. Por tanto, “es necesario establecer mayor coordinación entre las distintas administraciones dentro de una misma comunidad autónoma para la implantación de la A21L, puesto que apenas se han desarrollado programas comunes entre los diferentes niveles administrativos e, incluso, existen pocos programas comunes dentro de una misma administración”.

Otros puntos débiles de la Agenda 21 Local en España son el presupuesto destinado a la misma, pues “es todavía escaso”, y la participación de la sociedad en su creación y diseño pues “no basta con crear foros de participación, es necesario que funcionen. Además, no se han creado nuevos canales de participación para que la ciudadanía intervenga, no solo en el diseño, sino también en la implantación de la A21L”. Por ello, debe hacerse hincapié en la cooperación entre los distintos agentes sociales para lograr que la sociedad civil se implique más en el compromiso hacia la sostenibilidad. Para ello es fundamental una correcta educación y formación ambiental, de manera que el proceso de Agenda 21 se vea “como un instrumento de revalorización local”, relacionándola con otros sectores importantes como puede ser el del turismo sostenible.

En resumen, en el caso concreto de España, se intentan realizar constantes avances en el campo de la Agenda 21 Local y cada vez son más los municipios que la implantan gracias a la promoción de la misma por parte de las comunidades autónomas, si bien “no se podrá avanzar en el camino de la sostenibilidad si no se consigue una ciudadanía consciente de la necesidad del cambio, que vea necesario una modificación en sus pautas de consumo, y preparada y cualificada para dicho cambio”. También es importante el desarrollo de indicadores de desarrollo sostenible, si bien esta es una tarea más compleja que requiere una gran cantidad de trabajo y recursos, pues la comparación entre municipios a partir de indicadores no debe verse como “una clasificación de ciudades o municipios o una carrera por saber cuál es el municipio que más está haciendo a favor de la sostenibilidad, sino de iniciar un proceso continuo de mejora a escala local”, pues no todos los municipios o ciudades se enfrentan a los mismos desafíos ni parten de la misma situación inicial a nivel medioambiental.

1.4.2. Las Conferencias de las Partes (COP)

Desde que se celebre la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1992, el objetivo primordial perseguido en cada acuerdo internacional es la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera mediante la reducción de las emisiones. Desde entonces, las Partes en la Cumbre (es decir, los países que se han adherido al tratado y lo han ratificado) se reúnen anualmente en la Conferencia de las Partes (conocida como COP por sus siglas en inglés: Conference of the Parties).

El objetivo de dichas conferencias es supervisar la aplicación de la Convención y orientar los esfuerzos de las Partes de manera que la lucha contra el Cambio Climático sea lo más eficaz posible. De esta forma, las decisiones adoptadas por las COP en cada sesión constituyen un conjunto de normas para aplicar la Convención de forma eficiente, de forma que se consigan los objetivos que van fijándose progresivamente.

La primera COP (denominada COP1) se celebra en Berlín en 1995 y en ella se hace evidente que las medidas adoptadas por los países industrializados desde la Convención en 1992 no han sido suficientes para alcanzar los objetivos de la misma, por lo que se firma el Mandato de Berlín, en el que se exige a las Partes que comiencen a estudiar y negociar la forma de reducir sus emisiones de GEI en base a unos objetivos cuantitativos concretos y en unos plazos establecidos.

Esto se materializa en la COP3 celebrada en Kioto (Japón) en 1997, en la que el objetivo principal era el establecimiento de un protocolo vinculante de reducción de las emisiones. Esta conferencia

coincidía con el Segundo Informe de Evaluación del IPCC, en el que se afirmaba que las emisiones de GEI ya habían comenzado a provocar cambios en el clima de manera evidente. Por ello, los gobiernos aprobaron una adición a la Convención conocida como “Protocolo de Kioto”, en el que se establecían “unos objetivos de reducción de emisiones netas de GEI para los principales países desarrollados y economías en transición, con un calendario de cumplimiento” (MAPAMA, 2018a). De esta forma, se establecía como objetivo fundamental reducir las emisiones de GEI al menos un 5% por debajo de los niveles de 1990 en el periodo 2008-2012, en lo que se conoce como el primer periodo de compromiso del Protocolo de Kioto.

Este acuerdo internacional entró en vigor en febrero de 2005 y ya en 2006 comenzaron a negociarse los detalles para su continuidad más allá de su primer periodo. De esta forma, en la cumbre celebrada en Doha (Catar) en 2012, “se acordó dar continuidad al marco jurídico del Protocolo de Kioto a través de la adopción de las enmiendas necesarias para hacer posible su continuidad con un segundo periodo de compromiso a partir del 1 de enero de 2013” (MAPAMA, 2018a). De esta forma, se incluían nuevos compromisos a cumplir hasta 2020 y actualizaciones de algunas cuestiones del primer periodo de compromiso que necesitaban ser mejoradas durante el segundo periodo.

Con la COP21/COP-MOP11 celebrada en París (Francia) en el año 2015 llegó la adopción de un acuerdo histórico de lucha contra el cambio climático: el Acuerdo de París, que establecía el marco de lucha contra el cambio climático a partir del año 2020, promoviendo la transición hacia una economía baja en emisiones de GEI y resiliente al cambio climático.

Como objetivo fundamental del Acuerdo está el evitar un incremento de la temperatura media global superior a 2°C respecto a los niveles anteriores a la Revolución Industrial, promoviendo “esfuerzos adicionales que hagan posible que el calentamiento global no supere los 1,5°C” (MAPAMA, 2018b). También se incluía “la importancia de conseguir una senda de reducción de emisiones a medio y largo plazo, coherente con un escenario de neutralidad de carbono en la segunda mitad de siglo, es decir, un equilibrio entre las emisiones y las absorciones de gases de efecto invernadero.”

Otro de los puntos fundamentales fue “la importancia de adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, estableciendo un objetivo global de aumento de la capacidad de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, en un contexto en el que todos los países se están enfrentando a los impactos derivados del cambio climático”. Por tanto, la adaptación empezaba a ser tenida en cuenta como uno de los pilares fundamentales en la lucha contra el cambio climático, incidiéndose en la necesidad de que cada país desarrollase estrategias propias en relación a los diversos riesgos a los que se enfrentan, de forma transparente y valorando cuestiones transversales.

En la COP21 de París también se trató la mitigación, adoptando una decisión sobre el proceso para aumentar la ambición en materia de mitigación pre-2020 (ambición pre-2020), con el que se promovía la identificación de acciones en materia de reducción de GEI adicionales a las ya adoptadas por los países y se iniciaba un proceso similar para la búsqueda de acciones en materia de adaptación.

En 2016 se celebraba en Marrakech (Marruecos) la COP22, centrada fundamentalmente en los preparativos para la puesta en marcha del Acuerdo de París, de forma que se demostrase que su implementación comenzaba a ser una realidad. Así, volvía a promoverse la necesidad de una economía de bajo carbono y de encontrar vías de financiamiento climático que sirvieran para financiar proyectos tanto en materia de mitigación como de adaptación.

La última COP celebrada hasta el momento es la COP23 Bonn-Fiji (2017), con el objetivo de que los países impulsen proyectos de acción climática más ambiciosos de los ya existentes con el fin de luchar contra el calentamiento global. Esta conferencia continúa la senda marcada por el Acuerdo de París de no incrementar la temperatura global de la Tierra en más de 1,5° y tuvo como objetivos fundamentales el trabajo de los Gobiernos de las Partes en la implementación del Acuerdo de París y el lanzamiento de nuevas iniciativas de acción climática. De esta forma, se aprueba el denominado

“Diálogo de Talanoa”, por el que todos los países se comprometían a revisar la ambición de sus iniciativas climáticas de mitigación y adaptación en el año 2018, comprobándose así que los compromisos acordados por cada Parte en el Acuerdo de París estaban en sintonía con el objetivo fundamental de evitar un incremento de la temperatura media superior a 1,5°C.

En la COP24, que se llevará a cabo en Katowice (Polonia) en Diciembre de 2018, se tratará de avanzar en la implementación plena del Acuerdo de París para que este por fin sea plenamente operativo, además de hacerse balance sobre los logros que los países están alcanzando tanto con sus políticas de mitigación y adaptación nacionales como aquellas que se llevan a cabo de forma colectiva, de forma que se compruebe si dichas medidas serán suficientes para lograr los objetivos del Acuerdo de París o por el contrario habría que aumentar el nivel de ambición más allá del estipulado con la ambición pre-2020.

1.4.3. El Libro Verde y El Libro Blanco de la Comisión Europea

Los Libros Verdes de la Comisión Europea son documentos cuyo objetivo es estimular el debate a nivel europeo respecto a un tema de interés general. Estos Libros Verdes invitan a las partes interesadas a participar en procesos de consulta y discusión sobre diversas propuestas presentadas y pueden dar origen posteriormente a desarrollos legislativos reflejados en Libros Blancos.

En junio de 2007 se publica el Libro Verde “Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE”. En él se ponía de manifiesto el doble desafío que suponía la lucha contra el cambio climático, pues con las medidas de mitigación no eran suficientes para minimizar el riesgo de daños por impactos actuales y futuros que ya no pueden evitarse pese a la reducción de emisiones de GEI. Por ello, se aseguraba en este documento que “La Unión Europea tiene que asumir el desafío de la adaptación, trabajando en asociación con sus Estados miembros y a nivel internacional con sus países socios” (Comisión Europea, 2007)

En este Libro Verde se detallan los riesgos asociados al cambio climático a los que tendrían que enfrentarse los países de la Unión Europea en un futuro en función de su latitud y de sus características, atendiendo también a las amenazas a las que se verían sometidos recursos tan importantes como el agua, los ecosistemas o las infraestructuras de transporte. Ante la urgencia de combatir algunos de esos riesgos para no tener que hacer frente a costes de adaptación aún más elevados en el futuro, se bosquejaban una serie de medidas para sectores como la agricultura, la salud y la energía, a la par que se incidía en la necesidad de incorporar la financiación del estudio y la implementación de dichas propuestas dentro de los programas de financiación comunitarios existentes, de forma que se redujese la incertidumbre en torno a la manera en la que se desarrollarían algunos riesgos en el futuro.

Después del debate generado por la publicación de este documento, la Comisión Europea da un paso más en esta materia y publica el Libro Blanco “Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación” en abril de 2009.

En este documento se pretende abordar la necesidad de una estrategia de adaptación a escala comunitaria, estableciendo un marco para reducir la vulnerabilidad de la Unión Europea a los impactos provocados por el cambio climático. Este hecho también constituiría una oportunidad de llegar a una economía baja en carbono que fomentase la eficiencia energética y la generalización de productos ecológicos, abordándose así de manera conjunta estrategias de mitigación y adaptación.

De esta forma, la Unión Europea realizaba “un ejercicio transversal” y proponía medidas focalizadas en aumentar la resistencia de gran cantidad de sectores de la sociedad en función de las vulnerabilidades de cada uno de ellos. También volvía a hacerse hincapié en la necesidad de encontrar fuentes de financiación para llevar a cabo las medidas propuestas, pues “uno de los

principales obstáculos a la adaptación eran los condicionamientos financieros” (Comisión Europea, 2009). Por ello, se instó a los Estados miembros a calcular los costes de adaptación de forma que pudiesen ser tenidos en cuenta en el futuro, estudiando también medidas de financiación innovadoras en el contexto de la adaptación.

Al igual que en el Libro Blanco de 2007, también volvía a abordarse la necesidad de intensificar la cooperación entre Estados miembros para llevar a cabo estrategias comunitarias y avanzar en materia de adaptación. Para ello se proponía la creación de un “Grupo Director de Impacto y Adaptación”, que sería “asistido por grupos técnicos que tratarán de la evolución que se registra en sectores clave (agricultura y silvicultura, biodiversidad, agua, mares y océanos, energía, sanidad, etc.)”.

Además de esto, con el Libro Blanco se propusieron otras 32 acciones que actualmente han sido realizadas en su mayoría, como la elaboración de directivas en materia de adaptación o el desarrollo de plataformas cuyos objetivos son estudiar las vulnerabilidades actuales y futuras de las diversas regiones europeas así como el potencial de adaptación de las mismas, de forma que puedan desarrollarse nuevas estrategias y acciones a nivel nacional y comunitario.

1.4.4. El Pacto de los Alcaldes

El Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía surge en 2008 en Europa, impulsado por la Unión Europea. Este acuerdo agrupa a miles de gobiernos locales que se comprometen de manera voluntaria a perseguir una serie de objetivos en materia de clima y energía, orientados a acelerar la descarbonización de su economía, fortalecer su capacidad de adaptación frente al cambio climático y favorecer el uso de energías sostenible.

Actualmente, más de 7000 autoridades locales y regionales de más de 50 países apoyan esta iniciativa, involucrando a múltiples actores de todos los niveles y dedicando medios tecnológicos para la investigación de medidas destinadas a lograr la sostenibilidad.

Cuando un municipio o ciudad se incorpora oficialmente al Pacto de los Alcaldes, se compromete a desarrollar un Plan de Acción para (el Clima y) la Energía Sostenible (PACES) en el plazo de dos años desde la firma. Con este plan, los firmantes deben hacer un inventario de sus emisiones de GEI y definir las acciones que van a llevar a cabo para lograr el objetivo prioritario de reducir al menos en un 20% sus emisiones de GEI para el año 2020. Posteriormente, los firmantes deberán presentar un Informe de Seguimiento cada dos años después de adoptar su Plan de Acción, de forma que pueda comprobarse la evolución de sus emisiones y los objetivos logrados en materia de mitigación y adaptación.

Debido al éxito de este acuerdo, en 2014 la Comisión Europea lanzó la iniciativa “Alcaldes por la Adaptación”, basada en los mismos principios que el Pacto de los Alcaldes pero centrada en la adaptación al cambio climático. De esta forma, se pretende incentivar que los gobiernos locales demuestren su compromiso con la lucha ante los efectos ineludibles del cambio climático y se apoya desde la Unión Europea el desarrollo y la implantación de estrategias de adaptación locales.

En 2015, las iniciativas “Pacto de los Alcaldes” y “Alcaldes por la Adaptación” se fusionaron oficialmente en el “Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía”, una iniciativa más ambiciosa y cuyo alcance es aún mayor, pues al adherirse a la misma, los municipios y ciudades firmantes se comprometen a alcanzar el objetivo de reducción de los GEI de la Unión Europea en un 40% para 2030. Además, se acuerda también la búsqueda de medidas conjuntas de mitigación y adaptación al cambio climático.

Finalmente, en junio de 2016, el “Pacto de los Alcaldes” se unió a la iniciativa a nivel local denominada “Coalición de los Alcaldes”, surgiendo así el “Pacto Mundial de los Alcaldes para el Clima y la Energía”. Este acuerdo es el mayor movimiento de gobiernos locales comprometidos a

alcanzar objetivos en materia de clima y energía, siguiendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU y los principios de justicia climática. Así, los tres bloques fundamentales que aborda este pacto son la mitigación del cambio climático, la adaptación a los efectos del mismo y el acceso universal a energía limpia y asequible.

En España, existen actualmente 1817 municipios y ciudades adheridos a este pacto, si bien la mayoría de los que han firmado en los últimos dos años aún no han enviado su Plan de Acción a la Oficina del Pacto por los Alcaldes. No obstante, se aprecia una gran voluntad general de aumentar la cooperación entre autoridades y alcanzar los objetivos de la UE en materia de sostenibilidad, además de un gran interés en lograr medidas eficaces de adaptación para combinarlas con las ya existentes en materia de mitigación, sin dejar de lado ninguno de estos dos campos.

1.4.5. Marco 2030

“En enero de 2014, la Comisión Europea presentó una propuesta que dotaría de continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, con horizonte 2030, y en la que se proponen nuevos objetivos de reducción de emisiones y de energías renovables.” (MAPAMA, 2018c)

De esta forma se quiso reforzar la estructura de lucha contra el cambio climático que la UE comenzó a aplicar para lograr sus objetivos para 2020, además de definir la participación de la Unión en el nuevo acuerdo post-2020 que indica el nuevo objetivo de reducción de emisiones de la UE a partir de dicho año.

Los objetivos fundamentales del marco de clima y energía para 2030 son tres:

1. al menos 40% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en relación con los niveles de 1990)
2. al menos 27% de cuota de energías renovables
3. al menos 27% de mejora de la eficiencia energética.

De esta manera, la Unión Europea quiere contribuir de manera ambiciosa al Acuerdo de París, comenzando a sentar las bases para conseguir su objetivo a largo plazo de disminuir las emisiones de GEI en un 80-90% para el año 2050. Para ello, aquellos sectores incluidos en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE deberían reducir sus emisiones hasta en un 43% en relación a los niveles de 2005, mientras que los sectores no incluidos en el RCDE (es decir, los sectores difusos) deberían alcanzar una reducción del 30%

En cuanto a las energías renovables y a la eficiencia energética, se establece un objetivo mínimo de un 27% de cuota/mejora con el fin de potenciar el uso de energías limpias y comenzar a desplazar a los combustibles fósiles de su posición dominante, lo que también contribuiría de forma significativa a la reducción de GEI.

1.4.6. Hojas de Ruta 2050

En el año 2013, la Comisión Europea presenta la Hoja de Ruta hacia una economía hipocarbónica en 2050, señalando lo siguiente:

1. en 2050, la UE deberá haber reducido sus emisiones de gases de efecto invernadero un 80% en relación con los niveles de 1990
2. para conseguirlo, antes tendrá que lograr una reducción del 40% en 2030 y del 60% en 2040.
3. es necesario que contribuyan todos los sectores.
4. esta transición es viable y económicamente posible.

Así, se va más allá de las medidas a corto plazo y se propone una forma económicamente eficiente de lograr grandes reducciones de las emisiones de GEI para mediados del siglo XXI. Para ello, las reducciones deberán ser de un 80% en 2050 y haberse realizado exclusivamente de forma interna, es decir, sin recurrir a créditos internacionales. De esta forma, la Unión Europea estaría en total sintonía con el objetivo fundamental de evitar que el incremento de temperatura media global sea superior a 2°C respecto a la etapa preindustrial.

Esta Hoja de Ruta contempla la reducción de emisiones que tendrá que lograr cada sector principalmente responsable de las mismas en Europa, teniendo los sectores difusos como el del transporte o el residencial un gran peso en el objetivo final.

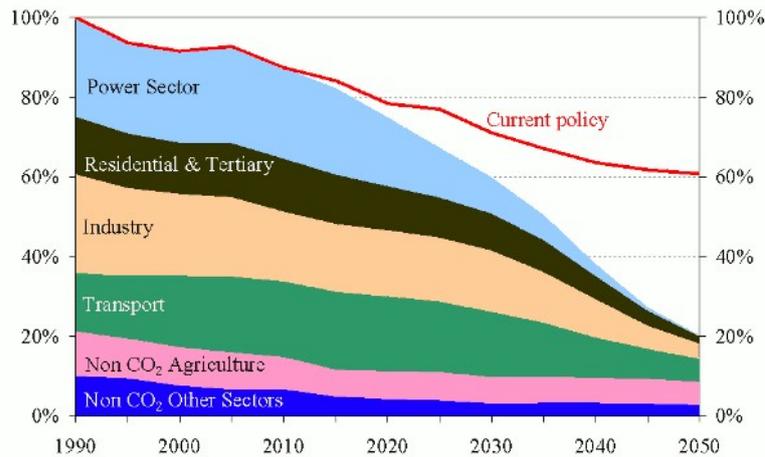


Figura 6. Posible reducción del 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la UE

De esta forma, se aprecia que el sector eléctrico es el que presenta un mayor potencial de reducción, pues mediante la obtención de electricidad a partir de fuentes renovables las emisiones podrían eliminarse casi por completo. Debido al potencial de reducción de este sector, el mismo cuenta con su propia hoja de ruta (Hoja de Ruta de la Energía para 2050), en la que se exploran de forma más detallada las fuentes de bajas emisiones que podrían utilizarse y las inversiones a realizar para conseguirlo.

Otro de los principales sectores sobre el que debe actuarse es el del transporte, que podría lograr reducciones de más del 60% respecto a los niveles de 1990. Esto podría lograrse mediante el uso de biocombustibles y de vehículos híbridos o puramente eléctricos, que hagan posible que los combustibles fósiles se utilicen cada vez menos y con ellos vayan reduciéndose las emisiones. Además, en otros sectores difusos como la industria o el residencial pueden alcanzarse reducciones de hasta un 90% si se realizan inversiones en materia de eficiencia energética, que irían amortizándose con el ahorro en las facturas de energía.

1.5. Reglamentación en materia de Cambio Climático

En este apartado se pretende exponer toda la reglamentación existente hasta el momento tanto a nivel comunitario (Unión Europea) como a nivel nacional (España). Estas políticas y directivas contemplan tanto acciones de mitigación como de adaptación, pues ya se ha comprobado que no se puede entender un concepto sin el otro, al actuar la mitigación a escala global y a largo-medio plazo, mientras que la adaptación lo hace a escalas más reducidas y en un periodo de tiempo mucho más reducidos si las medidas emprendidas son las oportunas.

1.5.1. Unión Europea

En materia de cambio climático, la Unión Europea formula y aplica diversas directivas tratando de ser una de las principales impulsoras de nuevos acuerdos y negociaciones en cuanto a la protección del medio ambiente. Por ello, está seriamente comprometida con la correcta aplicación del Acuerdo de París y del Régimen de Comercio de Emisión de Derechos de la UE (RCDE UE).

La política medioambiental a nivel comunitario se basa en los artículos 11 y 191 a 193 del **Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea**, publicado en 2012. Dichos artículos expresan lo siguiente:

“Artículo 11 (antiguo artículo 6 TCE):

Las exigencias de la protección del medio ambiente deberán integrarse en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la Unión, en particular con objeto de fomentar un desarrollo sostenible.

Artículo 191 (antiguo artículo 174 TCE):

1. La política de la Unión en el ámbito del medio ambiente contribuirá a alcanzar los siguientes objetivos:

- la conservación, la protección y la mejora de la calidad del medio ambiente,
- la protección de la salud de las personas,
- la utilización prudente y racional de los recursos naturales,
- el fomento de medidas a escala internacional destinadas a hacer frente a los problemas regionales o mundiales del medio ambiente y en particular a luchar contra el cambio climático.

2. La política de la Unión en el ámbito del medio ambiente tendrá como objetivo alcanzar un nivel de protección elevado, teniendo presente la diversidad de situaciones existentes en las distintas regiones de la Unión. Se basará en los principios de cautela y de acción preventiva, en el principio de corrección de los atentados al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de quien contamina paga.

En este contexto, las medidas de armonización necesarias para responder a exigencias de la protección del medio ambiente incluirán, en los casos apropiados, una cláusula de salvaguardia que autorice a los Estados miembros a adoptar, por motivos medioambientales no económicos, medidas provisionales sometidas a un procedimiento de control de la Unión.

3. En la elaboración de su política en el área del medio ambiente, la Unión tendrá en cuenta:

- los datos científicos y técnicos disponibles,
- las condiciones del medio ambiente en las diversas regiones de la Unión,
- las ventajas y las cargas que puedan resultar de la acción o de la falta de acción,
- el desarrollo económico y social de la Unión en su conjunto y el desarrollo equilibrado de sus regiones.

4. En el marco de sus respectivas competencias, la Unión y los Estados miembros cooperarán con los terceros países y las organizaciones internacionales competentes. Las modalidades de la cooperación de la Unión podrán ser objeto de acuerdos entre ésta y las terceras partes interesadas.

El párrafo precedente se entenderá sin perjuicio de la competencia de los Estados miembros para negociar en las instituciones internacionales y para concluir acuerdos internacionales.

Artículo 192 (antiguo artículo 175 TCE):

1. El Parlamento Europeo y el Consejo, con arreglo al procedimiento legislativo ordinario y previa consulta al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones, decidirán las acciones que deba emprender la Unión para la realización de los objetivos fijados en el artículo 191.

2. No obstante el procedimiento de toma de decisiones contemplado en el apartado 1, y sin perjuicio del artículo 114, el Consejo, por unanimidad con arreglo a un procedimiento legislativo especial, a propuesta de la Comisión y previa consulta al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones, adoptará:

a) disposiciones esencialmente de carácter fiscal;

b) las medidas que afecten a:

- la ordenación territorial;

- la gestión cuantitativa de los recursos hídricos o que afecten directa o indirectamente a la disponibilidad de dichos recursos;

- la utilización del suelo, con excepción de la gestión de los residuos;

c) las medidas que afecten de forma significativa a la elección por un Estado miembro entre diferentes fuentes de energía y a la estructura general de su abastecimiento energético.

El Consejo, por unanimidad, a propuesta de la Comisión y previa consulta al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones, podrá disponer que el procedimiento legislativo ordinario sea aplicable a los ámbitos mencionados en el párrafo primero.

3. El Parlamento Europeo y el Consejo adoptarán, con arreglo al procedimiento legislativo ordinario y previa consulta al Comité Económico y Social y al Comité de las Regiones, programas de acción de carácter general que fijen los objetivos prioritarios que hayan de alcanzarse.

Las medidas necesarias para la ejecución de dichos programas se adoptarán de conformidad con las condiciones contempladas en el apartado 1 o en el apartado 2, según proceda.

4. Sin perjuicio de determinadas medidas adoptadas por la Unión, los Estados miembros tendrán a su cargo la financiación y la ejecución de la política en materia de medio ambiente.

5. Sin perjuicio del principio de quien contamina paga, cuando una medida adoptada con arreglo a lo dispuesto en el apartado 1 implique costes que se consideren desproporcionados para las autoridades públicas de un Estado miembro, dicha medida establecerá las disposiciones adecuadas en forma de:

- excepciones de carácter temporal,

- apoyo financiero con cargo al Fondo de Cohesión creado de conformidad con lo dispuesto en el artículo 177, o ambas posibilidades.

Artículo 193 (antiguo artículo 176 TCE):

Las medidas de protección adoptadas en virtud del artículo 192 no serán obstáculo para el mantenimiento y la adopción, por parte de cada Estado miembro, de medidas de mayor protección. Dichas medidas deberán ser compatibles con los Tratados y se notificarán a la Comisión.”

Como puede observarse, el artículo 191 establece la lucha contra el cambio climático y sus efectos como uno de los principales objetivos de la política medioambiental de la Unión Europea. También es especialmente importante el logro de un desarrollo sostenible a partir de la protección y la mejora de las condiciones medioambientales, como menciona el artículo 11.

En cuanto a **directivas**, actualmente la Unión Europea no cuenta con ninguna específicamente orientada a la adaptación, si bien existen varias relacionadas con la protección del medio ambiente como son las siguientes:

Directiva 96/61/CE del Consejo de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación, parcialmente modificada por la Directiva 2008/1/CE, de 15 de enero (IPPC):

Esta directiva, conocida como Directiva IPPC, busca que se tomen todas las medidas adecuadas de prevención de la contaminación aplicando las mejores técnicas disponibles, evitando que se produzcan residuos u otras formas de contaminación importante. También persigue un uso eficaz de la energía y que se tomen las medidas necesarias para prevenir accidentes graves (como fugas de gases contaminantes) y limitar sus consecuencias. Con ello, busca reducir las emisiones contaminantes de las actividades contenidas dentro de su anexo I, clasificadas de la siguiente forma:

1. Instalaciones de combustión
2. Producción y transformación de metales
3. Industrias minerales
4. Industria química
5. Gestión de residuos
6. Otras actividades

De acuerdo a Romero (2015), en esta directiva “quedan regulados y desarrollados los novedosos instrumentos de creación del nuevo permiso que engloba a las emisiones a la atmósfera, vertidos a las aguas y contaminación del suelo, además de los principios generales y específicos para sectores como el industrial o el energético.”

Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 23 de octubre de 2001, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión:

Con esta directiva se pretendió que las instalaciones de combustión destinadas a la producción de energía redujesen sus emisiones de gases efecto invernadero, como el dióxido de azufre o los óxidos de nitrógeno. Para ello, en base a su Artículo 3, los Estados miembros debían establecer programas para lograr la progresiva reducción de las emisiones anuales totales procedentes de las instalaciones existentes, estableciendo mecanismos más severos para otorgar permisos de explotación a instalaciones de nueva construcción.

Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo:

El objeto de esta Directiva es el de establecer un régimen para el comercio de derechos de emisión de GEI dentro de la Unión Europea, con el fin de reducir las emisiones de estos gases de manera eficaz en relación con el coste y económicamente eficiente.

Esta Directiva se aplica a las actividades que figuran en su anexo I, es decir, actividades energéticas, producción y transformación de metales férreos, industrias minerales... Y a los gases de efecto invernaderos incluidos en su anexo II: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, perfluorocarburos y hexafluoruro de azufre.

De esta forma, se establecía el marco para la entrada en vigor del Protocolo de Kioto y comenzaban a fijarse los límites y mecanismos necesarios para lograr la reducción de las emisiones de acuerdo a los

objetivos estipulados para cada periodo.

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE:

Con esta Directiva, la Unión Europea establece un marco común para el fomento de la energía procedente de fuentes renovables, fijando objetivos nacionales obligatorios en relación con la cuota de energía procedente de fuentes renovables tanto en el consumo final bruto de energía como en el transporte. Además, define criterios de sostenibilidad para los biocarburantes e insta a los Estados miembros a adoptar un plan de acción nacional en materia de energía renovable con el objetivo de aumentar la eficiencia energética de estos países, contribuyendo así también a la reducción de las emisiones de GEI.

En cuanto a los **sectores difusos**, la Unión Europea también establece una serie de Directivas relativas al transporte, los residuos o el sector residencial. Con ellas se pretende aumentar la eficiencia energética de estos sectores y establecer límites a la contaminación provocada por sus actividades, imponiendo multas por exceso de emisiones de CO₂ y controlando la producción de desechos, entre otras medidas.

1.5.2. España

En el ámbito nacional, destacan varios planes relativos a la adaptación y la búsqueda de la sostenibilidad tanto en los sectores sujetos al RCDE UE como en los sectores difusos. Algunos de los más relevantes son:

Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2006)

Este plan fue elaborado por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) y posteriormente adoptado por el Consejo de Ministros tras un gran proceso de consulta pública y participación entre los diversos órganos y entes interesados. Con él, se pretendía crear un marco de referencia para lograr la coordinación entre las Administraciones Públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático.

Como señala MAPAMA (2018d), “el objetivo último del PNACC es lograr la integración de medidas de adaptación al cambio climático basadas en el mejor conocimiento disponible en todas las políticas sectoriales y de gestión de los recursos naturales que sean vulnerables al cambio climático, para contribuir al desarrollo sostenible a lo largo del siglo XXI.” De esta forma, se estudian las diversas vulnerabilidades a las que deben hacer frente las diversas regiones que conforman España y se estudian medidas de adaptación eficaces para cada una, prestando especial atención a aquellos riesgos derivados del cambio climático que suponen una especial amenaza en cada caso.

“El PNACC se desarrolla mediante programas de trabajo, que permiten priorizar y estructurar las actividades en él contenidas” (MAPAMA, 2018d). De esta forma, el Primer Programa de Trabajo del PNACC fue aprobado a la vez que el propio Plan en 2006, mientras que el Segundo Programa de Trabajo fue adoptado en 2009 y el Tercer Programa de Trabajo fue aprobado a finales de 2013. Todos estos Programas de Trabajo cuentan con unos Informes de Seguimiento, publicados en 2008, 2011 y 2014 respectivamente.

En el Primer Programa de Trabajo (2006) se buscaba fundamentalmente disponer de elementos que pueden considerarse como transversales a todas las evaluaciones de impacto en los distintos sectores y sistemas, además de evaluar la situación de determinados sectores considerados especialmente prioritarios. De esta forma, las actividades que se seleccionaron para este Primer Programa fueron las siguientes:

1. Generación de escenarios climáticos regionales
2. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos
3. Evaluación del impacto del cambio climático en la biodiversidad
4. Evaluación del impacto del cambio climático en las zonas costeras

El punto de generación de escenarios climáticos para el siglo XXI es especialmente importante, pues constituye la base de todos los análisis de impactos, vulnerabilidad y de evaluación de riesgos futuros. Una vez generados estos modelos regionales por el Instituto Nacional de Meteorología, podía pasarse a la evaluación del impacto en sectores clave para el país como los recursos hídricos o las zonas costeras, fundamentales para la planificación y gestión de otros sectores como la agricultura o el turismo.

En el Segundo Programa de Trabajo (2009) se revisan los progresos alcanzados desde 2006 en las cuatro líneas de trabajo propuestas en el marco del Primer Programa, planteándose esta vez unos objetivos más ambiciosos y detallados de forma que pudiese abordarse de manera sistemática la adaptación al cambio climático en España. La estructura de este Programa pivota en torno a estos cuatro ejes:

1. Eje de evaluación sectorial de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.
2. Eje de integración de la adaptación al cambio climático en la normativa sectorial.
3. Eje de movilización de actores clave.
4. Eje de establecimiento de un sistema de indicadores.

El primer eje es la base del Segundo Programa de Trabajo, pues sigue la línea del Primer Programa de priorizar la generación de los escenarios climáticos regionales para poder evaluar correctamente los impactos en los distintos sectores considerados de especial relevancia, a los que ahora se han sumado otros como la salud, los bosques y la desertificación.

El segundo eje pretende lograr que las estrategias de adaptación sean incluidas en los instrumentos normativos de manera efectiva, estudiando la manera más oportuna de hacerlo para que el cambio climático no aparezca de forma meramente testimonial, sino que se tome en cuenta de una forma más proactiva.

El tercer eje pretende fomentar que diversos entes –tanto públicos y sociales como privados– clave en los sectores incluidos en las evaluaciones del PNACC tomen parte activa en la propuesta e identificación de medidas de adaptación al cambio climático.

Finalmente, el cuarto eje se centra en desarrollar un sistema de indicadores de los impactos y la adaptación al cambio climático en todos los sectores del país, de forma que sirva como instrumento de seguimiento de los progresos en materia de adaptación y permita orientar los sucesivos desarrollos y estrategias del PNACC.

Para lograr realizar un buen trabajo en estos cuatro puntos fundamentales, el Segundo Programa de Trabajo se apoyó en “dos pilares básicos”:

“1.La potenciación de la I+D+i, no sólo desde la perspectiva de la investigación, sino también desde la de la innovación y el desarrollo e implantación de tecnologías de adaptación.

2. El refuerzo de la coordinación en las relaciones entre la Administración General del Estado y las Administraciones Autonómicas, para garantizar la complementariedad y evitar duplicidades entre el Plan Nacional de Adaptación y las estrategias, los planes, y los programas de adaptación de las Comunidades Autónomas, a través de la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático y de su Grupo de Trabajo de Impactos y Adaptación.” (Gobierno de España, 2009)

El Tercer Programa de Trabajo (2014) del PNACC busca el objetivo final de “la integración de la adaptación de la adaptación en todos aquellos sectores, sistemas, recursos y territorios vulnerables al

cambio climático.” (Gobierno de España, 2014)

Para ello, este Programa mantiene la estructura del Segundo Programa, es decir, sus cuatro ejes fundamentales y sus dos pilares básicos, de forma que se continúa desarrollando todos los trabajos necesarios para dar continuidad al PNACC.

Además de las prioridades ya establecidas en los anteriores Programas (recursos hídricos, biodiversidad, zonas costeras, turismo, salud...) a las que se sigue reconociendo su prioridad y su gran importancia socio-económica, en el Tercer Programa se desarrollan actividades en una serie de ámbitos adicionales en los que existe una demanda creciente para facilitar la puesta en marcha de medidas de adaptación al cambio climático. Estos sectores cuentan con la ventaja de que en ellos pueden aplicarse fondos e instrumentos europeos, de forma que se afianza la colaboración entre diversos niveles de gobernanza en la lucha contra el cambio climático.

El Tercer Programa de Trabajo del PNACC comprende un periodo de seis años (2014-2020), por lo que actualmente se sigue avanzando en sus cuatro líneas básicas de trabajo y los resultados se conocerán en 2021, a la par que se desarrollarán a nivel europeo nuevas estrategias con objetivos más ambiciosos que aquellos cuyo horizonte es el año 2020.

Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020

Dentro de los sectores difusos, el de la generación de residuos contaminantes es uno de los más preocupantes, por lo que a nivel estatal se establece este programa cuyo objeto es la adopción de “actuaciones en las etapas de concepción y diseño, de producción, de distribución y de consumo para evitar la generación de residuos, disminuir el contenido de sustancias nocivas de peligrosidad o minimizar los impactos sobre la salud humana y el medio ambiente de los residuos generados” (MAPAMA, 2018f).

Además de esto, la prevención de residuos supone una importante disminución de las consecuencias económicas tanto para los productores como para los consumidores y usuarios, impulsándose de esta forma una economía “más eficiente, próspera y socialmente inclusiva”.

El objetivo del Programa Estatal de Prevención de Residuos 2014-2020 es el de lograr la reducción de los residuos generados en 2020 en un 10% respecto de los residuos generados en 2010. Para ello, este programa sigue cuatro líneas fundamentales en la prevención de residuos:

1. reducción de la cantidad de residuos,
2. reutilización y alargamiento de la vida útil de los productos,
3. reducción del contenido de sustancias nocivas en materiales y productos, y
4. reducción de los impactos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente, de los residuos generados

Además, el Programa cuenta con una evaluación bienal de sus resultados mediante una serie de indicadores. Dichos resultados dependerán de que las medidas necesarias sean puestas en marcha tanto por los fabricantes como por los consumidores y las Administraciones Públicas, de forma que la colaboración entre distintos niveles vuelve a ser fundamental en el compromiso contra el calentamiento global.

Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2016-2022

Este Plan es “el instrumento para orientar la política de residuos en España en los próximos años, que impulse las medidas necesarias para mejorar las deficiencias detectadas y promueva las actuaciones que proporcionan un mejor resultado ambiental y que aseguren que España cumple con los objetivos legales” (MAPAMA, 2018f)

Con este Plan, se pretende cumplir:

1. La obligación comunitaria de disponer de planes de gestión de residuos, ante la finalización en 2015, del Plan Nacional vigente (Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015 (PNIR)).
2. El cumplimiento de una de las condiciones ex ante del sector residuos para el acceso a fondos comunitarios destinados a este sector en el próximo período 2014-2020.
3. La adaptación a los contenidos que la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados establece para el Plan Estatal Marco.

De esta forma, se logra estar en sintonía con la política de residuos de la UE convirtiendo a España en una sociedad eficiente en el marco de la gestión y el uso de los recursos, en la búsqueda de una economía circular “en la que se reincorporen al proceso productivo una y otra vez los materiales que contienen los residuos para la producción de nuevos productos o materias primas.”

Además del avance hacia la economía circular mediante la aplicación del principio de jerarquía establecido en la normativa comunitaria (que establece que la prevención debe ser la principal prioridad en relación con la política de residuos, siendo la eliminación de residuos la última opción a considerar), el PEMAR sigue las siguientes orientaciones:

- La coordinación entre todas las administraciones implicadas especialmente a través de la Comisión de Coordinación y sus grupos específicos de trabajo para evitar barreras.
- Mejorar la información y e incrementar la transparencia en el ámbito de los residuos. En este sentido juega un papel esencial la puesta en marcha del Registro de Producción y Gestión de residuos, registro único y compartido para todo el territorio del Estado.
- Fortalecer, incrementar y coordinar las actividades de inspección, control y vigilancia, especialmente para evitar las distorsiones del mercado asociadas a la gestión ilegal de residuos.
- Destinar más recursos humanos y económicos al sector de los residuos para, entre otros, mejorar conocimiento sobre tratamientos y basar las decisiones en criterios técnicos.
- Mayor y mejor comunicación y sensibilización.
- Facilitar la reincorporación de materiales procedentes de residuos al mercado garantizando protección de la salud humana y del medio ambiente.

Para lograr obtener los beneficios previstos a nivel ambiental, económico y social, las Comunidades Autónomas deben cumplir estos objetivos con los residuos generados en su territorio, para lo que tendrán que establecer en sus planes autonómicos de gestión de residuos las medidas necesarias para conseguirlo.

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020

Tal y como establece la Directiva 2009/28/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 23 de abril, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, cada Estado miembro debe elaborar un Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER) para alcanzar los objetivos nacionales fijados en la propia Directiva.

En el caso de España, debe lograrse que las energías renovables representen un 20% del consumo final bruto de energía para el año 2020. Por ello, se abrió un proceso de participación y consulta en el que participaron empresas, asociaciones y ciudadanos, cuyas aportaciones y sugerencias se sumaron al borrador ya existente para elaborar el documento definitivo del PANER 2011-2020.

Como ejes fundamentales para lograr los objetivos planteados, el PANER de España tiene los siguientes:

1. Liberalización y fomento de la transparencia en los mercados
2. Desarrollo de las infraestructuras energéticas
3. Promoción de las energías renovables y del ahorro y la eficiencia energética

Con ello se pretenden lograr múltiples efectos positivos sobre el conjunto de la sociedad, como son la sostenibilidad de sus fuentes, la reducción de las emisiones contaminantes o la reducción de la dependencia energética y del déficit de la balanza comercial.

Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020

Este Plan surge como respuesta a la exigencia del artículo 24.2 de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, que obliga a los Estados Miembros a presentar este tipo de planes en la búsqueda de una mayor sostenibilidad.

El Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2017-2020 da continuidad al Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020 (pues la Unión Europea exigía presentar el primer plan en 2014 y los siguientes cada tres años) y es una herramienta fundamental en la política energética española, pues persigue alcanzar todos los objetivos fijados por la Directiva 2012/27/UE.

Este Plan está estructurado en cuatro capítulos, siendo los siguientes:

1. Introducción y presentación de la estructura y los objetivos del plan
2. Análisis del consumo energético en España desde 2015 y comparación de dicho consumo con el de la Unión Europea
3. Objetivos de eficiencia energética y progresos realizados en cuanto a los mismos
4. Medidas a llevar a cabo para lograr los objetivos de ahorro exigidos por la Directiva 2012/27/UE

Si bien no puede incluirse dentro de la categoría de planes y programas, es importante mencionar la **Estrategia Española de Movilidad Sostenible**, aprobada en Consejo de Ministros el 30 de abril de 2009. Dicha estrategia pretende ser el marco de referencia nacional integrador de los principios y herramientas necesarias para lograr una movilidad sostenible y baja en carbono. Por tanto, se pretende abordar el problema de las elevadas emisiones del sector transporte, el más contaminante de los sectores difusos.

“Los objetivos y directrices de la EEMS se concretan en 48 medidas estructuradas en cinco áreas: territorio, planificación del transporte y sus infraestructuras; cambio climático y reducción de la dependencia energética; calidad del aire y ruido; seguridad y salud; y gestión de la demanda.” (MAPAMA, 2018e). Al actuar en estos cinco sectores se pretende reducir al mínimo los efectos negativos de los sistemas de transporte españoles, respondiendo a las necesidades económicas, sociales y ambientales que se plantean tanto a nivel comunitario como a nivel nacional.

Para lograr el reto de evolucionar hacia un modelo económico de bajo consumo de carbono y menor consumo energético mediante criterios de equidad social y económica, es necesario que se impliquen todas las administraciones de los diversos sectores de la sociedad. En el caso de España, para conseguirlo se contemplan instrumentos de coordinación como la Red de Ciudades por el Clima, Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, el Consejo Nacional del clima, la Comisión de Coordinación de las Políticas de Cambio Climático y Mesas Sectoriales, el Observatorio de la Movilidad Metropolitana y distintos Foros de la movilidad existentes.

Entre las diversas medidas que comprenden el plan, destacan la búsqueda de formas de fomentar una movilidad alternativa al vehículo privado y el uso de modos más sostenibles, prestando atención también a la necesidad de cuidar la planificación urbanística en la generación de la movilidad, algo que puede lograrse potenciando el urbanismo de proximidad de forma que se reduzca la dependencia del vehículo privado o vinculando la planificación urbanística con la oferta de transporte público y no motorizado.

**2 LA EVALUACIÓN
AMBIENTAL ESTRATÉGICA
DE PLANES Y PROGRAMAS:
CONSIDERACIÓN PARA LA
ADAPTACIÓN AL CAMBIO
CLIMÁTICO EN OBRAS
CIVILES**

2.1. ¿Qué es la Evaluación Ambiental Estratégica?

Previamente a la ejecución de cualquier plan, programa o proyecto es necesaria su correspondiente evaluación ambiental, de manera que quede garantizada la protección medioambiental del entorno en el que se pretende llevar a cabo la obra en cuestión. Mientras que en el caso de los proyectos debe realizarse una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), en el caso de planes y programas existe la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE).

La Evaluación Ambiental Estratégica es un instrumento previsto en la Directiva 2001/42/CE, de 27 de junio, del Parlamento Europeo y del Consejo; en la Directiva 2011/92/UE, de 13 de Diciembre y en la Directiva 2014/52/UE, que modifica parcialmente la anterior. En España fue incorporada a la legislación nacional a través de la Ley 9/2006, de 28 de abril, “sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente”, ley que posteriormente se unificó en una sola norma con el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. Dicha norma unificada es la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

Según Romero (2015), “internacionalmente se reconoce que la evaluación ambiental resulta indispensable para la protección del medio ambiente”, pues “facilita la incorporación de los criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones estratégicas, a través de la evaluación de los planes y programas”. Además, asegura que “la consideración de los impactos ambientales de los proyectos, primero, y de los planes y programas, después, se ha revelado como una herramienta útil para asegurar la sostenibilidad del desarrollo económico”. Todo ello hace que la Evaluación Ambiental Estratégica sea una parte fundamental en la elaboración de un plan o programa, pues garantiza que estos puedan ser llevados a cabo causando el menor perjuicio posible sobre el medio ambiente.

2.2. La Evaluación Ambiental Estratégica de acuerdo con la Directiva 2001/42/CE

Inicialmente, la Evaluación Ambiental Estratégica se reguló en los países de la Unión Europea a través de la Directiva 2001/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Los objetivos de dicha directiva son los siguientes.

1. Asegurar un alto nivel de protección del medio ambiente
2. Contribuir a la integración de las consideraciones medioambientales en la elaboración y preparación de los planes y programas
3. Promover un desarrollo sostenible mediante una evaluación medioambiental de planes y programas que puedan tener efectos significativos en el medio ambiente.

Esta directiva establece que “la política de la Unión Europea en el ámbito medioambiental debe contribuir a la conservación, protección y mejora de la calidad del medio ambiente, a la protección de la salud de las personas y a la utilización prudente y racional de los recursos naturales, además de establecer la obligación de basarse en el principio de cautela. Asimismo establece que los requisitos de protección medioambiental deben integrarse en la definición de las políticas y actividades comunitarias, fundamentalmente con vistas a fomentar un desarrollo sostenible.”

Así, la Evaluación Ambiental Estratégica constituye una herramienta importante para la integración

de consideraciones medioambientales en la preparación y adopción de algunos planes y programas que puedan tener repercusiones significativas sobre el medio ambiente en los Estados miembros, por lo que es necesario que se tengan en cuenta durante la preparación del plan o programa, y antes de su adopción.

El ámbito de la evaluación ambiental requerida por esta Directiva afecta a planes o programas que se elaboren con respecto a determinados sectores, como son la agricultura, la silvicultura, la pesca, la energía, la industria, el transporte, la gestión de residuos, la gestión de recursos hídricos, las telecomunicaciones, el turismo, la ordenación del territorio urbano y rural o la utilización del suelo y que establezcan el marco para la autorización en el futuro de proyectos enumerados en los anexos I y II de la Directiva 85/337/CEE, o que, atendiendo al efecto probable en algunas zonas, se haya establecido que requieren una evaluación conforme a lo dispuesto en los artículos 6 o 7 de la Directiva 92/43/CEE.

Además, para evitar la duplicación de las evaluaciones ambientales, la Directiva 2001/42/CE prevé, en una serie de casos concretos, limitaciones al proceso de evaluación requerido. Es el caso de los planes y programas que forman parte de una jerarquía, o de la utilización de procedimientos coordinados en aquellos planes y programas que son objeto de evaluación por exigencia de otra normativa.

De esta forma, esta directiva marca las pautas a seguir por los Estados miembros de la Unión Europea en cuanto a la Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas, procedimiento que continua desarrollándose mediante las Directivas 2011/92/UE y 2014/52/UE para el caso de proyectos.

2.3. La Evaluación Ambiental Estratégica en España: de la Ley 9/2006 a la Ley 21/2013

2.3.1. La Evaluación Ambiental Estratégica según la Ley 9/2006

La Directiva 2001/42/CE se incorpora al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

El objeto de esta ley es “promover un desarrollo sostenible, conseguir un elevado nivel de protección del medio ambiente y contribuir a la integración de los aspectos ambientales en la preparación y adopción de planes y programas, mediante la realización de una evaluación ambiental de aquellos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente.”

A efectos de esta Ley, están sujetos a evaluación ambiental únicamente los planes y programas que puedan tener “efectos significativos sobre el medio ambiente” y que además cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

1. que se elaboren o aprueben por una administración pública
2. que su elaboración y aprobación venga exigida por una disposición legal o reglamentaria o por acuerdo del Consejo de Ministros o del Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma.

En cuanto a efectos significativos sobre el medio ambiente, se entenderá que pueden tenerlos todos los planes y programas que tengan cabida en alguna de las siguientes categorías:

a) Los que establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental en las siguientes materias: agricultura, ganadería, silvicultura, acuicultura, pesca, energía, minería, industria, transporte, gestión de residuos, gestión de recursos

hídricos, ocupación del dominio público marítimo terrestre, telecomunicaciones, turismo, ordenación del territorio urbano y rural, o del uso del suelo.

b) Los que requieran una evaluación conforme a la normativa reguladora de la Red Ecológica Europea Natura 2000, regulada en la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de conservación de los espacios naturales y de la flora y la fauna silvestres.

También podrán ser sometidos a evaluación ambiental los planes y programas que el órgano ambiental estime oportuno, pues también pueden tener efectos significativos sobre el medio ambiente. Estos planes y programas son:

- a) Los planes y programas que establezcan el uso de zonas de reducido ámbito territorial.
- b) Las modificaciones menores de planes y programas.
- c) Planes y programas distintos a los previstos en el apartado a) anterior.

Según esta Ley, las actuaciones que comprenden el proceso de evaluación ambiental estratégica son las siguientes:

1. La elaboración de un informe de sostenibilidad ambiental (ISA).
2. La celebración de consultas.
3. La elaboración de la memoria ambiental.
4. La consideración del informe de sostenibilidad ambiental, del resultado de las consultas y de la memoria ambiental en la toma de decisiones.
5. La publicidad de la información sobre la aprobación del plan o programa.

En cuanto al Informe de Sostenibilidad Ambiental, es el órgano ambiental el que debe determinar el nivel de detalle y la amplitud del mismo tras identificar y consultar a las Administraciones públicas afectadas y al público interesado, además de tener el deber de comunicar al órgano promotor los criterios ambientales estratégicos e indicadores de los objetivos ambientales y principios de sostenibilidad aplicables.

El informe de sostenibilidad ambiental debe contener, como mínimo, la siguiente información, de acuerdo al artículo 8 de esta Ley:

- a) Un esbozo del contenido, objetivos principales del plan o programa y relaciones con otros planes y programas conexos.
- b) Los aspectos relevantes de la situación actual del medio ambiente y su probable evolución en caso de no aplicar el plan o programa.
- c) Las características ambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa.
- d) Cualquier problema ambiental existente que sea relevante para el plan o programa, incluyendo en concreto los relacionados con cualquier zona de particular importancia ambiental designada de conformidad con la legislación aplicable sobre espacios naturales y especies protegidas.
- e) Los objetivos de protección ambiental fijados en los ámbitos internacional, comunitario o nacional que guarden relación con el plan o programa y la manera en que tales objetivos y cualquier aspecto ambiental se han tenido en cuenta durante su elaboración.
- f) Los probables efectos significativos en el medio ambiente, incluidos aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales, el patrimonio cultural, incluido el patrimonio histórico, el paisaje y la interrelación entre estos factores.
- g) Las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, contrarrestar cualquier efecto significativo negativo en el medio ambiente por la aplicación del plan o programa.

- h) Un resumen de las razones de la selección de las alternativas previstas y una descripción de la manera en que se realizó la evaluación, incluidas las dificultades (como deficiencias técnicas o falta de conocimientos y experiencia) que pudieran haberse encontrado a la hora de recabar la información requerida. La selección de las alternativas en caso de propuestas tecnológicas, incluirá un resumen del estado del arte de cada una y justificará los motivos de la elección respecto a las mejores técnicas disponibles en cada caso.
- i) Una descripción de las medidas previstas para el seguimiento, de conformidad con el artículo 15.
- j) Un resumen no técnico de la información facilitada en virtud de los párrafos precedentes.
- k) Un informe sobre la viabilidad económica de las alternativas y de las medidas dirigidas a prevenir, reducir o paliar los efectos negativos del plan o programa.

Así, en el Informe de Sostenibilidad Ambiental “el órgano promotor debe identificar, describir y evaluar detalladamente los posibles efectos significativos sobre el medio ambiente que puedan derivarse de la aplicación del plan o programa, así como una serie de alternativas razonables, técnica y ambientalmente viables (incluida entre otras la alternativa cero) que tengan en cuenta los objetivos y el ámbito territorial de aplicación del plan o programa” (CEDEX, 2012)

También es importante el punto en que la Ley contempla el seguimiento de los efectos que puedan darse en el medio ambiente a partir de la aplicación de los planes o programas, pues esta es una de las vías fundamentales para considerar el cambio climático en el proceso de la Evaluación Ambiental Estratégica.

Como se expuso anteriormente, esta Ley queda unificada con el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos en la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, actualmente vigente en el territorio español.

2.3.2. La Evaluación Ambiental Estratégica según la Ley 21/2013

Con la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental queda reunido en un texto único el régimen jurídico de la evaluación de planes, programas y proyectos, estableciéndose un conjunto de disposiciones comunes que aproximan y facilitan la aplicación de ambas regulaciones.

De esta forma, se establece un esquema similar para ambos procedimientos (Evaluación Ambiental Estratégica en el caso de planes y programas y Evaluación de Impacto Ambiental en el caso de proyectos) y se unifica la terminología. Así, el antiguo Informe de Sostenibilidad Ambiental se sustituye por la actual Evaluación Ambiental Estratégica, calificada como “procedimiento administrativo instrumental” con relación al procedimiento sustantivo y sectorial de aprobación o adopción de los planes y programas o de la autorización de los proyectos”.

La Evaluación Ambiental Estratégica, al igual que el resto de pronunciamientos ambientales, tiene la naturaleza jurídica de un informe preceptivo y determinante. Por tanto, desde el punto de vista procedimental, el carácter determinante de la misma implica que no es posible continuar con la tramitación del procedimiento sustantivo en tanto éste no se evacue. Además, su carácter determinante supone que el informe resulta necesario para que el órgano competente para resolver pueda formarse criterio sobre las cuestiones a las que el propio informe se refiere.

Esta Ley establece tanto para la evaluación ambiental estratégica como para la de impacto ambiental dos procedimientos: el ordinario y el simplificado. El procedimiento ordinario concluye con la Declaración Ambiental Estratégica, mientras que el procedimiento simplificado finaliza con el Informe Ambiental Estratégico. Si dicho Informe Ambiental Estratégico determina que el plan o programa tiene efectos significativos sobre el medio ambiente, este deberá someterse a una evaluación estratégica ordinaria, mientras que si no tiene efectos significativos sobre el medio ambiente podrá adoptarse o aprobarse en los términos que el informe establezca. No obstante, hay

que tener en cuenta que para ciertos tipos de planes y programas (también de proyectos) las directivas establecen presunción *iuris et de iure* de que, en todo caso, tendrán efectos significativos sobre el medio ambiente y necesitarán una evaluación mediante el procedimiento ordinario antes de su aprobación, adopción o autorización.

El objeto de la Evaluación Ambiental según la Ley 21/2013 es el siguiente:

1. La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos.
2. El análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables.
3. El establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
4. El establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para cumplir con las finalidades previstas.

Mientras que sus principios son los siguientes, en base al Artículo 2:

- a) Protección y mejora del medio ambiente.
- b) Precaución.
- c) Acción preventiva y cautelar, corrección y compensación de los impactos sobre el medio ambiente.
- d) Quien contamina paga
- e) Racionalización, simplificación y concertación de los procedimientos de evaluación ambiental.
- f) Cooperación y coordinación entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas.
- g) Proporcionalidad entre los efectos sobre el medio ambiente de los planes, programas y proyectos, y el tipo de procedimiento de evaluación al que en su caso deban someterse.
- h) Colaboración activa de los distintos órganos administrativos que intervienen en el procedimiento de evaluación, facilitando la información necesaria que se les requiera.
- i) Participación pública.
- j) Desarrollo sostenible.
- k) Integración de los aspectos ambientales en la toma de decisiones.
- l) Actuación de acuerdo al mejor conocimiento científico posible.

También queda definido en el Artículo 6 el ámbito de aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica:

1. Serán objeto de una evaluación ambiental estratégica ordinaria los planes y programas, así como sus modificaciones, que se adopten o aprueben por una Administración pública y cuya elaboración y aprobación venga exigida por una disposición legal o reglamentaria o por acuerdo del Consejo de Ministros o del Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma, cuando:

- a) Establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental y se refieran a la agricultura, ganadería, silvicultura, acuicultura, pesca, energía, minería, industria, transporte, gestión de residuos, gestión de recursos hídricos, ocupación del dominio público marítimo terrestre, utilización del medio marino, telecomunicaciones, turismo, ordenación del territorio urbano y rural, o del uso del suelo; o bien,

b) Requieran una evaluación por afectar a espacios Red Natura 2000 en los términos previstos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

c) Los comprendidos en el apartado 2 cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental en el informe ambiental estratégico de acuerdo con los criterios del anexo V.

d) Los planes y programas incluidos en el apartado 2, cuando así lo determine el órgano ambiental, a solicitud del promotor.

2. Serán objeto de una evaluación ambiental estratégica simplificada:

a) Las modificaciones menores de los planes y programas mencionados en el apartado anterior.

b) Los planes y programas mencionados en el apartado anterior que establezcan el uso, a nivel municipal, de zonas de reducida extensión.

c) Los planes y programas que, estableciendo un marco para la autorización en el futuro de proyectos, no cumplan los demás requisitos mencionados en el apartado anterior.

En cuanto a los trámites necesarios para completar el proceso de evaluación ambiental estratégica ordinaria, el artículo 17 de la Ley 21/2013 establece los siguientes:

1. Solicitud de inicio.
2. Consultas previas y determinación del alcance del estudio ambiental estratégico.
3. Elaboración del estudio ambiental estratégico.
4. Información pública y consultas a las Administraciones públicas afectadas y personas interesadas.
5. Análisis técnico del expediente.
6. Declaración ambiental estratégica.

Dicha solicitud de inicio debe ir acompañada del borrador del plan o programa y de un documento inicial estratégico que contenga, al menos, la siguiente información:

1. Los objetivos de la planificación.
2. El alcance y contenido del plan o programa propuesto y de sus alternativas razonables, técnica y ambientalmente viables.
3. El desarrollo previsible del plan o programa.
4. Los potenciales impactos ambientales tomando en consideración el cambio climático.
5. Las incidencias previsibles sobre los planes sectoriales y territoriales concurrentes.

Teniendo en cuenta el documento de alcance, el promotor elaborará el estudio ambiental estratégico, en el que se identificarán, describirán y evaluarán los posibles efectos significativos en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, así como unas alternativas razonables técnica y ambientalmente viables, que tengan en cuenta los objetivos y el ámbito de aplicación geográfico del plan o programa.

El estudio ambiental estratégico se considerará parte integrante del plan o programa y contendrá, como mínimo, la siguiente información:

1. Un esbozo del contenido, objetivos principales del plan o programa y relaciones con otros planes y programas pertinentes;
2. Los aspectos relevantes de la situación actual del medio ambiente y su probable evolución en caso de no aplicación del plan o programa;
3. Las características medioambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa y su evolución teniendo en cuenta el cambio climático esperado en el plazo de vigencia

del plan o programa;

4. Cualquier problema medioambiental existente que sea relevante para el plan o programa, incluyendo en particular los problemas relacionados con cualquier zona de especial importancia medioambiental, como las zonas designadas de conformidad con la legislación aplicable sobre espacios naturales y especies protegidas y los espacios protegidos de la Red Natura 2000;

5. Los objetivos de protección medioambiental fijados en los ámbitos internacional, comunitario o nacional que guarden relación con el plan o programa y la manera en que tales objetivos y cualquier aspecto medioambiental se han tenido en cuenta durante su elaboración;

6. Los probables efectos significativos en el medio ambiente, incluidos aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, su incidencia en el cambio climático, en particular una evaluación adecuada de la huella de carbono asociada al plan o programa, los bienes materiales, el patrimonio cultural, el paisaje y la interrelación entre estos factores. Estos efectos deben comprender los efectos secundarios, acumulativos, sinérgicos, a corto, medio y largo plazo, permanentes y temporales, positivos y negativos;

7. Las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, incluyendo aquellas para mitigar su incidencia sobre el cambio climático y permitir su adaptación al mismo;

8. Un resumen de los motivos de la selección de las alternativas contempladas y una descripción de la manera en que se realizó la evaluación, incluidas las dificultades, como deficiencias técnicas o falta de conocimientos y experiencia que pudieran haberse encontrado a la hora de recabar la información requerida;

9. Un programa de vigilancia ambiental en el que se describan las medidas previstas para el seguimiento;

10. Un resumen de carácter no técnico de la información facilitada en virtud de los epígrafes precedentes.

Tal y como establece el Artículo 19, “el órgano ambiental someterá el borrador del plan o programa y el documento inicial estratégico a consultas de las Administraciones públicas afectadas y de las personas interesadas, que se pronunciarán en el plazo de cuarenta y cinco días hábiles desde su recepción.” Así, el órgano ambiental no elaborará el documento de alcance del estudio ambiental estratégico hasta que no se reciban las contestaciones a las consultas realizadas, garantizando así la posibilidad de que tanto las Administraciones como las personas afectadas por un plan o programa en cuestión puedan pronunciarse en contra del mismo. Posteriormente, el documento de alcance del estudio ambiental estratégico se pondrá a disposición del público a través de la sede electrónica del órgano ambiental y del órgano sustantivo.

En cuanto a la posibilidad de someter un determinado plan o programa a evaluación ambiental estratégica ordinaria o simplificada, el Anexo V de la Ley 21/2013 establece que habrá que atender con especial atención a lo siguiente:

1. Las características de los planes y programas, considerando en particular:

a) La medida en que el plan o programa establece un marco para proyectos y otras actividades, bien en relación con la ubicación, naturaleza, dimensiones, y condiciones de funcionamiento o bien en relación con la asignación de recursos.

b) La medida en que el plan o programa influye en otros planes o programas, incluidos los que estén jerarquizados.

- c) La pertinencia del plan o programa para la integración de consideraciones ambientales, con el objeto, en particular, de promover el desarrollo sostenible.
- d) Problemas ambientales significativos relacionados con el plan o programa.
- e) La pertinencia del plan o programa para la implantación de la legislación comunitaria o nacional en materia de medio ambiente como, entre otros, los planes o programas relacionados con la gestión de residuos o la protección de los recursos hídricos.

2. Las características de los efectos y del área probablemente afectada, considerando en particular:

- a) La probabilidad, duración, frecuencia y reversibilidad de los efectos.
- b) El carácter acumulativo de los efectos.
- c) El carácter transfronterizo de los efectos.
- d) Los riesgos para la salud humana o el medio ambiente (debidos, por ejemplo, a accidentes).
- e) La magnitud y el alcance espacial de los efectos (área geográfica y tamaño de la población que puedan verse afectadas).
- f) El valor y la vulnerabilidad del área probablemente afectada a causa de:
 - 1. Las características naturales especiales.
 - 2. Los efectos en el patrimonio cultural.
 - 3. La superación de valores límite o de objetivos de calidad ambiental.
 - 4. La explotación intensiva del suelo.
 - 5. Los efectos en áreas o paisajes con rango de protección reconocido en los ámbitos nacional, comunitario o internacional.

En el caso concreto de planes y programas relativos a infraestructuras de la red de transporte, tanto por su envergadura como por ser el marco para futuros proyectos, siempre será necesaria una Evaluación Ambiental Estratégica ordinaria, que en ningún caso exime de realizar en un futuro la correspondiente Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) cuando dicho plan o programa dé lugar a un proyecto.

2.4. La consideración del Cambio Climático en la Evaluación Ambiental Estratégica

Si bien la Directiva 2001/42/CE no hace referencia explícitamente al cambio climático, entre sus objetivos están la protección del medio ambiente y la promoción de un desarrollo sostenible mediante la evaluación medioambiental de planes y programas que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente. Por tanto, la aplicación de esta Directiva representa la primera oportunidad de crear una estrategia climática en España, permitiendo controlar sectores tan relevantes en el campo de las emisiones de gases efecto invernadero como el del transporte.

Con la Ley 9/2006 continúa haciéndose hincapié en el desarrollo sostenible prestando especial atención a los efectos significativos que pueda tener la preparación y adopción de planes y programas. De acuerdo al CEDEX (2012), “de acuerdo con el punto de vista de una mayoría de científicos, en la actualidad parece imposible concebir un desarrollo sostenible sin actuar sobre las causas del calentamiento global (...) Es por ello que, aunque la consideración del cambio climático no se menciona explícitamente en el texto de la Ley, numerosos especialistas lo consideran implícitamente incluido dentro del ámbito de la misma”.

Una de las formas mediante las que la Ley 9/2006 permite considerar el cambio climático en planes y programas es la posibilidad que ofrece al órgano ambiental de considerar si ciertos planes y programas tienen o no efectos significativos sobre el medio ambiente más allá de que satisfagan las condiciones inicialmente estipuladas (que establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental en materia de ciertos sectores o que requieran una evaluación conforme a la normativa reguladora de la Red Ecológica Europea Natura 2000). Por tanto, para planes o programas excluidos del ámbito de la Ley, la Evaluación Ambiental Estratégica “proporciona en cualquier caso una oportunidad y un marco metodológico idóneos para incorporar de forma sistemática la variable cambio climático en los mismos, cuando su consideración pueda ser significativa.” (CEDEX, 2012)

Como se ha visto anteriormente, el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica en la Ley 9/2006 considera la elaboración de un informe de sostenibilidad ambiental (ISA). En relación con el ISA, el órgano ambiental debe determinar su amplitud y grado de detalle atendiendo a las consultas realizadas a las Administraciones públicas afectadas y al público interesado, y comunicar al promotor los criterios ambientales y principios de sostenibilidad aplicables. Así, vuelve a ofrecerse la posibilidad de que el órgano ambiental considere el cambio climático en el proceso de EAE, pues en el ISA han de identificarse los probables efectos significativos que pueden darse sobre el medio ambiente, incluyendo “aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales, el patrimonio cultural, incluido el patrimonio arquitectónico, el paisaje y la interrelación entre estos factores”. Por tanto, aunque el cambio climático no queda explícitamente mencionado, sí se citan los “factores climáticos” y la “interrelación entre esos factores”, por lo que se abre la posibilidad de considerar tanto las acciones de mitigación como las de adaptación, permitiendo la integración del cambio climático en la redacción de planes y programas.

Esta Ley también incorpora la necesidad de realizar “un seguimiento de los efectos en el medio ambiente de la aplicación o ejecución de los planes y programas” por parte del órgano promotor, en el que también participará el órgano ambiental. Este punto es fundamental en la consideración del cambio climático, pues este seguimiento permite identificar los perjuicios que el plan o programa pueda tener sobre el medio ambiente y tomar las medidas de adaptación y mitigación necesarias para eliminarlos o reducirlos en la medida de lo posible.

Con la Ley 21/2013 continúa poniéndose el foco en la consideración del cambio climático en los diversos procedimientos de evaluación ambiental de acuerdo a los principios de protección y mejora del medio ambiente, corrección y compensación de los impactos sobre el medio ambiente, desarrollo sostenible e integración de los aspectos ambientales en la toma de decisiones, entre otros. De esta forma se hace referencia a la necesidad de adoptar medidas de adaptación o mitigación siempre que un plan, programa o proyecto tenga efectos adversos sobre el medio ambiente, haciendo patente la necesidad de tener en cuenta la alternativa cero (es decir, la no ejecución del plan o programa) si el resto de alternativas son perjudiciales para el entorno en el que se pretenden llevar a cabo.

En el caso concreto de la Evaluación Ambiental Estratégica ordinaria, ya en el Artículo 18 se hace referencia a la necesidad de “tomar en cuenta los potenciales impactos ambientales tomando en consideración el cambio climático” desde la solicitud de inicio del proceso. Esto se hará a través del documento inicial estratégico, que también deberá tener en cuenta la viabilidad ambiental del plan o programa propuesto y de sus alternativas.

Posteriormente vuelve a hacerse referencia al cambio climático en el Artículo 24, en el que se establece que “el órgano ambiental realizará un análisis técnico del expediente, y un análisis de los impactos significativos de la aplicación del plan o programa en el medio ambiente, que tomará en consideración el cambio climático.” Estas cuestiones también han de tenerse en cuenta en el estudio ambiental estratégico que el promotor deberá elaborar, y que según el Anexo IV, debe tener en

cuenta, entre otras, las siguientes cuestiones:

1. Los aspectos relevantes de la situación actual del medio ambiente y su probable evolución en caso de no aplicación del plan o programa;
2. Las características medioambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa y su evolución teniendo en cuenta el cambio climático esperado en el plazo de vigencia del plan o programa;
3. Cualquier problema medioambiental existente que sea relevante para el plan o programa, incluyendo en particular los problemas relacionados con cualquier zona de especial importancia medioambiental, como las zonas designadas de conformidad con la legislación aplicable sobre espacios naturales y especies protegidas y los espacios protegidos de la Red Natura 2000;
4. Los objetivos de protección medioambiental fijados en los ámbitos internacional, comunitario o nacional que guarden relación con el plan o programa y la manera en que tales objetivos y cualquier aspecto medioambiental se han tenido en cuenta durante su elaboración;
5. Los probables efectos significativos en el medio ambiente, incluidos aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, su incidencia en el cambio climático, en particular una evaluación adecuada de la huella de carbono asociada al plan o programa, los bienes materiales, el patrimonio cultural, el paisaje y la interrelación entre estos factores. Estos efectos deben comprender los efectos secundarios, acumulativos, sinérgicos, a corto, medio y largo plazo, permanentes y temporales, positivos y negativos;
6. Las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, incluyendo aquellas para mitigar su incidencia sobre el cambio climático y permitir su adaptación al mismo;
7. Un programa de vigilancia ambiental en el que se describan las medidas previstas para el seguimiento;

Para la Evaluación Ambiental Estratégica simplificada también se exige como requisito la consideración del cambio climático desde la solicitud de inicio del proceso, según el artículo 29 de la Ley, en el que se establece como uno de los requisitos del documento ambiental estratégico contener “las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, corregir cualquier efecto negativo relevante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, tomando en consideración el cambio climático”, además de los efectos ambientales previsibles y las medidas previstas para el seguimiento ambiental del plan.

Por tanto, como puede verse, la consideración del cambio climático en la Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas se convierte con la Ley 21/2013 en un aspecto fundamental a la hora de determinar la viabilidad ambiental de los mismos. Esto es consecuencia del desarrollo de las diversas políticas ambientales llevadas a cabo por la Unión Europea, como es el caso del Pacto Europeo de los Alcaldes contra el Cambio Climático, cuyo objetivo fundamental es el de reducir en un 20% las emisiones de CO₂ antes de 2020 a través de los Planes de Acción para la Energía Sostenible. Es por ello que surge la necesidad de controlar los impactos ambientales de ciertos sectores especialmente propensos a la generación de este tipo de gases, como son la agricultura, la industria o el transporte, de forma que puedan emprenderse nuevos planes y programas sin causar perjuicios en el medio ambiente o, en su defecto, tratando de crear medidas compensatorias para los impactos ambientales que no puedan evitarse, tal y como se hace con los Bancos de Naturaleza.

2.5. Consideración de la Adaptación al Cambio Climático en la Evaluación Ambiental Estratégica

Atendiendo a los aspectos anteriormente reseñados de la Ley 21/2013, queda patente la posibilidad de incluir medidas de adaptación al cambio climático dentro de la Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas a través de diversas vías.

El punto de partida podemos encontrarlo en la determinación preliminar, por parte del órgano ambiental, de si debe considerarse o no el cambio climático, es decir, si su incidencia en el plan o programa es o no significativa. Esta fase se conoce como fase de *screening* y se lleva a cabo antes de iniciarse la Evaluación Ambiental Estratégica (o Informe de Sostenibilidad Ambiental en el caso de la antigua ley 9/2006). Esta fase de *screening* consiste en un análisis preliminar que permita la identificación de riesgos relacionados con el cambio climático derivados de la ejecución del plan o programa a estudiar. En el caso de obras cíviles, es evidente que dicho análisis tendrá como resultado la necesaria consideración del cambio climático, debido al potencial impacto de la ejecución de estos planes o programas sobre el entorno en el que se realizan.

Así, con la fase de *screening* se pretende lograr una primera estimación tanto de los riesgos que el plan o programa pueda tener sobre el cambio climático como los que se deriven del propio cambio climático sobre el plan o programa. Si quedase patente la ausencia de riesgo, no sería necesaria la consideración de la variable climática y, por tanto, tampoco existiría necesidad de implementar medidas de mitigación o adaptación. Sin embargo, si se prueba la posibilidad de que existan riesgos, sería necesario hacer un estudio más profundo para conocer detalladamente los potenciales impactos climáticos, de forma que pudiesen establecerse medidas de adaptación y/o mitigación concretas para cada uno de ellos. Esta primera aproximación puede ser solicitada al órgano promotor por el órgano ambiental, pudiendo el promotor incorporarla posteriormente a la Evaluación Ambiental Estratégica.

Atendiendo exclusivamente a las medidas de adaptación, en esta fase sería interesante la consideración de los diversos escenarios climáticos considerados por el IPPC así como la incidencia de los mismos en el plan o programa a considerar, pues el desarrollo de unos u otros escenarios puede afectar en mayor o menor medida a dicho plan o programa. Por tanto, debe atenderse a cuestiones como las siguientes:

1. La mayor o menor vulnerabilidad del plan o programa en función de los riesgos derivados del cambio climático así como de la variabilidad climática.
2. La consideración que se ha dado a los riesgos asociados al cambio climático durante la elaboración del plan o programa.
3. La medida en la que dicho plan o programa inducirá un incremento de la vulnerabilidad del cambio climático.
4. Las mejoras que pueden ser incorporadas a los planes o programas que se estén analizando, de forma que puedan minimizarse los riesgos derivados de los diversos escenarios climáticos y también aprovecharse las oportunidades que puedan ofrecer los mismos.

Otra forma de considerar el cambio climático aparece más adelante, cuando el órgano ambiental “tiene que determinar la amplitud, nivel de detalle y el grado de especificación del Informe de sostenibilidad ambiental, y comunicar al órgano promotor los criterios ambientales estratégicos e indicadores de los objetivos ambientales y principios de sostenibilidad aplicables” (CEDEX, 2012). Esta fase es conocida como fase de *scoping* y se realiza tras conocer el resultado de las consultas realizadas a las Administraciones públicas afectadas y al público interesado. De esta forma, se pretende proporcionar al órgano ambiental una serie de objetivos a cumplir y criterios a aplicar

especialmente en materia de adaptación al cambio climático. Esto se logra a través de diversas políticas y leyes en España.

Definidos los criterios y principios de sostenibilidad aplicables, también es posible considerar la adaptación al cambio climático durante la elaboración del Estudio Ambiental Estratégico por parte del órgano promotor. Esto se hará considerando en dicho estudio aspectos tales como

- a) Los conocimientos y métodos de evaluación existentes.
- b) El contenido y nivel de detalle del plan o programa.
- c) La fase del proceso de decisión en que se encuentra.
- d) La medida en que la evaluación de determinados aspectos necesita ser complementada en otras fases de dicho proceso, para evitar su repetición.

Además, como se detalló anteriormente, también deben incluirse las medidas previstas para evitar, reducir o compensar cualquier efecto negativo importante que suponga la puesta a cabo del plan o programa en el medio ambiente, lo que ofrece la posibilidad de profundizar en las medidas de adaptación a programar en función de cada uno de dichos efectos.

Finalmente, también es posible considerar las medidas de adaptación al cambio climático a través del programa de vigilancia ambiental que es necesario establecer para lograr un adecuado seguimiento de los efectos de la ejecución del plan o programa en cuestión. Este programa de vigilancia y seguimiento ambiental será llevado a cabo por el órgano promotor con participación del órgano ambiental, estableciendo “un sistema que garantice el cumplimiento de las indicaciones y medidas, preventivas y correctoras y compensatorias contenidas en el estudio de impacto ambiental tanto en la fase de ejecución como en la de explotación”.

El programa deberá tener en cuenta tanto la vigilancia durante la fase de obras como el seguimiento durante la fase de explotación del proyecto o proyectos enmarcados dentro del plan o programa objeto del Estudio Ambiental Estratégico.

La vigilancia ambiental durante la fase de obras tiene como objetivos los siguientes:

1. Detectar y corregir desviaciones, con relevancia ambiental, respecto a lo proyectado en el proyecto de construcción.
2. Supervisar la correcta ejecución de las medidas ambientales.
3. Determinar la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas.
4. Seguimiento de la evolución de los elementos ambientales relevantes.
5. Alimentar futuros estudios de impacto ambiental.

Mientras que el seguimiento ambiental durante la fase de explotación persigue lo siguiente:

1. Verificar la correcta evolución de las medidas aplicadas en la fase de obras.
2. Seguimiento de la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad.
3. Alimentar futuros estudios de impacto ambiental.

Por tanto, ya desde la fase de obras de los proyectos para los que el plan o programa objeto del Estudio Ambiental Estratégico sirva como autorización, existe la posibilidad de introducir medidas tanto de mitigación como de adaptación al cambio climática, permitiendo la corrección de los posibles problemas ambientalmente relevantes que surjan desde el comienzo de la ejecución del plan o programa, sin tener que esperar para ello a la fase de explotación, en la que paliar los efectos adversos que el plan o programa pueda tener sobre el medio ambiente se convierte en una tarea mucho más compleja. De esta forma, el seguimiento ambiental durante la fase de explotación es una herramienta que servirá para determinar si las medidas programadas durante la evolución de la fase

de obras están siendo efectivas y correctamente aplicadas, comprobándose también si el entorno responde de forma positiva o negativa a la ejecución del plan o programa.

**3 LOS PROYECTOS DE
INFRAESTRUCTURAS DE
OBRAS CIVILES EN
ESPAÑA: LA RED TRONCAL
DE TRANSPORTE Y LA
CONSIDERACIÓN DEL
CAMBIO CLIMÁTICO**

3.1. La red troncal de transporte: elementos que la componen

Bajo el concepto de “red troncal de transporte” se estudian conjuntamente las redes vial, ferroviaria, aeroportuaria y portuaria pertenecientes al estado español, pues es la interacción entre estas redes la que permite “la mayor parte de los recorridos interurbanos de media-larga distancia, el acceso a las principales ciudades y/o las comunicaciones internacionales” (CEDEX, 2013). Por ello surge la obligación de tener en cuenta la incidencia del cambio climático sobre este conjunto de redes y de plantear medidas de mitigación y adaptación al cambio climático que permitan que sigan funcionando con fluidez causando el mínimo perjuicio posible sobre el entorno en el que se disponen.

A continuación se enumeran por separado las características de las cuatro subredes consideradas, haciendo especial hincapié en los aspectos más vulnerables de las mismas en relación al cambio climático.

3.1.1 Red vial

Según datos del Ministerio de Fomento (2016), actualmente la red de carreteras de España consta de 165.483 kilómetros, de los cuales 26.395 kilómetros pertenecen a la Red de Carreteras del Estado (RCE), es decir, están administradas por el propio Ministerio de Fomento. Además, existen 71.291 kilómetros gestionados por las Comunidades Autónomas, siendo los 67.797 kilómetros restantes gestionados por las Diputaciones.

De la totalidad de la red, 17.109 kilómetros corresponden a vías de gran capacidad (autopistas, autovías, carreteras de más de un carril), perteneciendo 11.957 kilómetros a la Red de Carreteras del Estado.

Pese a conformar solo un 16% de la longitud total de la red viaria española, la Red de Carreteras del Estado recoge más de la mitad del tráfico total y casi el 65% del tráfico pesado, extendiéndose su influencia por todas las provincias peninsulares españolas. Con estos datos queda patente la importancia de diseñar una estrategia de adaptación al cambio climático para esta red, pues actúa como nexo de unión entre todos los puntos del Estado y a través de ella se da la mayor parte del transporte de mercancías por carretera.

Un aspecto positivo de esta red es su relativa juventud (por ejemplo, existen tramos de la A-4 que no superan los 30 años), que hace que esté pavimentada en su totalidad con materiales bituminosos mucho más modernos que los antiguos firmes de hormigón. Estos materiales ofrecen un mayor abanico de posibilidades según las características del lugar donde nos encontremos (temperaturas, precipitaciones medias anuales, nieve...) por lo que abren una posibilidad a la consideración del cambio climático en el diseño de futuras ampliaciones de la red, permitiendo aprovechar algunos de los posibles efectos que los diversos escenarios climáticos considerados por el IPCC puedan tener sobre el entorno en el que se lleven a cabo.

Otra característica a señalar de esta red es el número de puentes, túneles y viaductos que presenta, relativamente elevado debido a la orografía española. Estos elementos singulares también deben ser considerados y consecuentemente analizados, pues su incidencia sobre el medio ambiente es particularmente notable y pueden conllevar efectos negativos sobre el mismo si no elabora una estrategia ambiental acorde a la envergadura de dichas obras.



Figura 7. Mapa de la Red de Carreteras del Estado y vías de gran capacidad

Por tanto, en los aspectos a considerar para lograr una adecuada estrategia de adaptación al cambio climático de este tipo de obras civiles deben incluirse todos los relativos a la geometría del trazado (inclinación, longitudes, rectas y curvas, número de carriles, tipo de carretera...) así como el resto de componentes de la infraestructura: taludes, drenajes, estructuras, túneles, puentes, señalización, balizamiento, defensas, instalaciones auxiliares...

3.1.2 Red ferroviaria

Esta red está compuesta por todas las líneas de ferrocarril en territorio español. Actualmente cuenta con líneas de ancho ibérico (1668 mm), ancho internacional (1435 mm) y ancho métrico (1000 mm). Esta singularidad hace que algunas de estas vías tengan mayor importancia que otras, especialmente las de alta velocidad, pues son las que soportan un mayor volumen de tráfico.

Según datos de Adif (2018), actualmente existen 3.152 kilómetros de red de alta velocidad, de los que un 80% son de ancho internacional, 18% son de ancho ibérico y el 2% restante corresponden a Red Mixta (combinación de ambos anchos). Esta red, al igual que la red de carreteras, es relativamente joven, contando con menos de treinta años la línea más antigua (pues su puesta en servicio fue en 1992 con motivo de la Exposición Universal de Sevilla). Su longitud total es de 3.240 kilómetros, situando a España como uno de los países del mundo con mayor número de kilómetros de alta velocidad.

Actualmente se están construyendo multitud de nuevas infraestructuras con el objetivo de llevar las ventajas de esta red al mayor número posible de ciudadanos. También existen multitud de líneas en fase proyecto o de estudio para las que es fundamental el diseño de medidas adecuadas de adaptación, pues los efectos negativos que puedan derivarse del cambio climático supondrán mayores problemas en este tipo de líneas que en aquellas con menor volumen de tráfico, como es el

Al igual que sucede en el caso de la red vial, en la ferroviaria también existen una gran cantidad de túneles, por lo que debe prestarse especial atención a la incidencia de este tipo de infraestructuras en el entorno en el que se llevan a cabo. No obstante, la red ferroviaria tiene como ventaja principal la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero respecto al transporte por carretera, además de “favorecer el ahorro de consumo energético de toneladas equivalentes de petróleo” (ADIF, 2018).

Con todo ello, de acuerdo al CEDEX (2013), como elementos principales a analizar dentro de la red de transportes destacarían los siguientes:

1. Todos los componentes de la línea ferroviaria, es decir, tanto infraestructura (cualquier tipo de movimiento de tierras necesario para la obra, puentes, túneles, obras de paso, drenajes, elementos auxiliares...) como superestructura (balasto, carriles, traviesas, sujeciones, aparatos de vía, equipos especiales, electrificación...)
2. Las estaciones e instalaciones técnicas necesarias, lo que incluye tanto las grandes estaciones gestionadas por ADIF como los centros de gestión del tráfico ferroviario.
3. Los trenes utilizados tanto para el transporte de pasajeros como de mercancías.

3.1.3 Red Aeroportuaria

Tal y como recoge el primer Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA, 2017), “el transporte aéreo constituye un sector estratégico para España, por su papel fundamental como garante de la cohesión y conectividad de nuestro territorio, así como por su estrecha relación con uno de los principales motores de nuestra economía, el turismo, que representa en torno al 11% del PIB nacional.” Además, esta red de transporte cobra especial relevancia en los territorios no peninsulares, pues garantiza la movilidad de los ciudadanos residentes en dichas zonas.

Actualmente, la red aeroportuaria española consta de 46 aeropuertos y 2 helipuertos distribuidos a lo largo del territorio nacional, siendo todos ellos gestionados por Aena.



Figura 10. Red de Aeropuertos y Helipuertos de AENA

Según datos de AENA, durante el año 2017 la red aeroportuaria española registró más de 249,2

millones de pasajeros y transportó casi 920 millones de toneladas de mercancía, siendo estas cifras mayores año tras año. Este volumen de tráfico aéreo tiene claras implicaciones en el medio ambiente y también puede verse alterado por las consecuencias que se deriven del cambio climático, por lo que la necesidad de medidas de mitigación y adaptación asociadas a este modo de transporte es evidente.

En cuanto a la antigüedad media de la red, el CEDEX estima que es de unos 50 años, si bien Aena ha estado reformando y ampliando constantemente la mayoría de estos aeropuertos a lo largo de estas décadas. Es en estos planes de ampliación y mejoras donde existe la posibilidad de contemplar las medidas de adaptación que sean necesarias para que la operatividad de estas instalaciones no se vea disminuida por los cambios que puedan darse en el clima, permitiendo incluso aprovechar las potenciales oportunidades que puedan derivarse de los mismos.

De acuerdo al análisis realizado por el CEDEX (2013), hay que prestar atención “al conjunto de sistemas, subsistemas y componentes infraestructurales que conforman la zona de servicio de un aeropuerto y sus accesos por superficie”. Así, para el estudio de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, se opta por dividir la zona de servicio en tres grandes áreas:

1. Subsistema de movimiento de aeronaves, es decir, todo aquel espacio y/o superficie utilizada por las aeronaves en los momentos de aterrizaje, despegue, circulación y estacionamiento.
2. Subsistema de actividades portuarias, que recoge todas las edificaciones e infraestructuras que componen los diversos aeropuertos y helipuertos españoles (zona de pasajeros, de carga, de servicios...)
3. Zona de reserva aeroportuaria, término que hace referencia a todos los espacios que en un futuro posibilitarían el desarrollo de ampliaciones y mejoras de las dos zonas mencionadas anteriormente.

3.1.4 Red Portuaria

De acuerdo a datos del Ministerio de Fomento (2018), España es el país de la Unión Europea con mayor longitud de costa (8000 kilómetros). Si a este hecho sumamos la situación geográfica de la Península, que convierte a España en un área clave en el transporte marítimo internacional, tenemos que la relevancia de la red de Puertos del Estado es más que notable, principalmente en el ámbito del comercio internacional.

En la actualidad, el Sistema Portuario español de titularidad estatal consta de 46 puertos de interés general, gestionados por 28 Autoridades Portuarias. Por dichos puertos pasa casi el 60% de las exportaciones y el 85% de las importaciones (unos 500 millones de toneladas anuales), representando más de la mitad del comercio exterior español con la Unión Europea y casi el 100% con terceros países. Además, toda la actividad generada en la red portuaria española “aporta cerca del 20% del PIB del sector del transporte, lo que representa el 1,1% del PIB español” (Fomento, 2018)



Figura 11. Red de Puertos del Estado

Atendiendo al informe del CEDEX (2013), para poder analizar adecuadamente las posibles vulnerabilidades de un puerto en relación al cambio climático y a los efectos que puedan derivarse del mismo, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. La zona marítima o zona de flotación, es decir, aquella zona destinada al barco, compuesta por obras de abrigo y de acceso: diques, dragados, esclusas, dársenas...
2. La zona terrestre, que comprende tanto los muelles para el atraque y amarre de los barcos como los almacenes de mercancías y el resto de edificios.
3. Las vías de acceso terrestre, esto es, cualquier vía de acceso al puerto desde las redes de carreteras y de ferrocarril, así como todas las vías dentro del recinto portuario.

Actualmente los Puertos del Estado se encuentran en procesos de constante remodelación debido a la antigüedad de ciertas instalaciones, en especial aquellas de la zona terrestre (almacenes y edificios destinados a concesiones). Cada una de estas actuaciones requerirá la programación de medidas de adaptación al cambio climático con la finalidad de que su operatividad no se vea mermada por las consecuencias que puedan acarrear los diversos escenarios climáticos, así como un programa adecuado de vigilancia y seguimiento ambiental que prevenga que la ejecución de estos planes tenga efectos negativos sobre el medio ambiente.

3.2. Escenarios climáticos considerados

3.2.1. Definición y clasificación

Como ya sabemos, pese a las estrategias de mitigación adoptadas actualmente, las emisiones de efecto invernadero no se reducirán por completo. Por tanto, para formular estrategias de adaptación es necesario al menos tratar de prever la evolución de las emisiones futuras, de forma que puedan establecerse las medidas más efectivas posibles para combatir los impactos que generen. Estas predicciones son muy complejas, pues las emisiones de GEI son “producto de muy complejos sistemas dinámicos, determinados por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico” (IPCC, 2000)

Por ello se generan diversos escenarios de lo que podría suceder en el futuro en función de cómo podrían evolucionar dichas fuerzas determinantes, de forma que puedan generarse modelos del clima a partir de los cuales evaluar los impactos que teóricamente se producirían. No obstante, siempre ha de tenerse presente que “un escenario contiene necesariamente elementos subjetivos” (IPCC, 2000) por lo que no deben tomarse como una referencia totalmente fiable de lo que sucederá en el futuro.

Como existen múltiples combinaciones posibles de la evolución de las diversas fuerzas determinantes de las emisiones, el IPCC desarrolla cuatro líneas evolutivas diferentes. Cada uno de ellos es el resultado de la previsión de diversos cambios a nivel demográfico, económico, social, tecnológico y medioambiental, pudiendo influir estos de forma positiva o negativa en la evolución de las emisiones. Así, “cada escenario representa una interpretación cuantitativa específica de una de las cuatro líneas evolutivas” (IPCC, 2000), constituyéndose un total de cuatro “familias” de escenarios en función de las líneas en las que están basados. Las características de las mismas son las siguientes:

- Escenario A1: este supuesto contempla un rápido crecimiento tanto a nivel económico como poblacional hasta 2050, año en el que comenzaría el decrecimiento de la población mundial. Dentro de esta familia encontramos tres grupos distintos:
 - A1F1: elevado consumo de combustibles fósiles
 - AT1: uso mayoritario de fuentes de energía no derivadas de combustibles fósiles
 - A1B: el más plausible, en el que se da un uso similar de todas las fuentes. El nivel de emisiones GEI contemplado en este caso es medio.
- Escenario A2: basado en un aumento continuo de la población y en la autosuficiencia regional, con un desarrollo económico y tecnológico más lento que en otros escenarios. En este caso las emisiones serían medias-altas.
- Escenario B1: en este caso la población evolucionaría de forma idéntica a la del escenario A1 pero el crecimiento económico sería más lento, existiendo una mayor equidad social y un uso más amplio de las tecnologías limpias. Esto hace que las emisiones en este caso sean bajas.
- Escenario B2: en esta ocasión se contempla un crecimiento sostenido de la población pero a una tasa menor que en el escenario A2. El desarrollo económico sería moderado y el cambio tecnológico sería más rápido que en A2 pero más lento que en el resto de escenarios. Esto hace que las emisiones sean mayores que en B1 pero no tan elevadas como en A1 y A2.

3. Los Proyectos de Infraestructuras Civiles en España: La Red Troncal de Transportes y la consideración del Cambio Climático

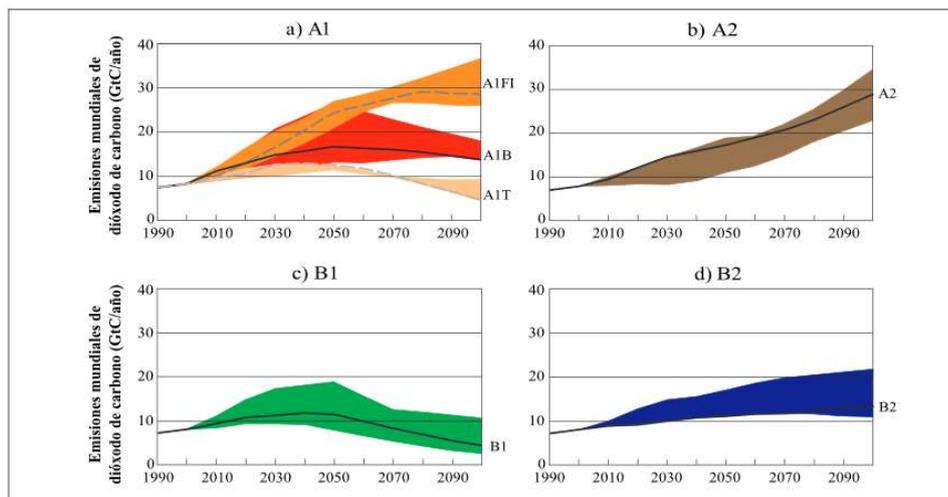


Figura 12. Emisiones anuales totales de CO₂ provenientes de todas las fuentes (energía, industria y cambio de uso de las tierras) entre 1990 y 2100 (en gigatoneladas de carbono (GtC/año) para las familias y los seis grupos de escenarios

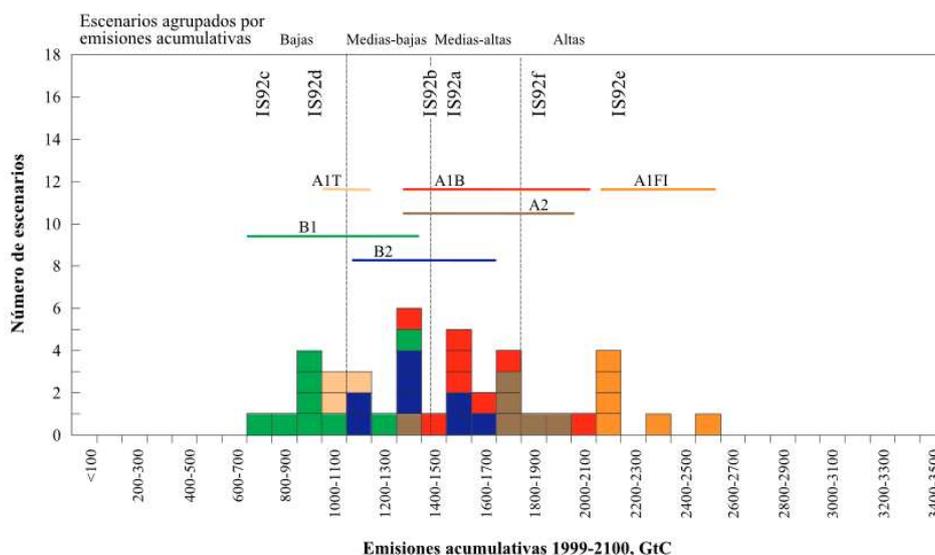
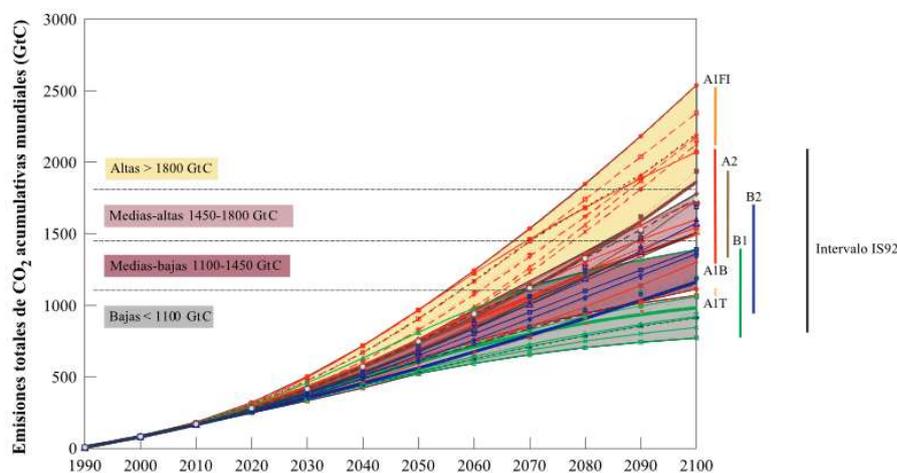


Figura 13. Emisiones totales de CO₂ acumulativas mundiales (GtC) desde 1990 hasta 2100 e histograma de su distribución por grupos de escenarios

3.2.2. Escenarios de cambio climático en España

3.2.2.1. Tendencias climáticas históricas y cambios previstos

España es una de las regiones más cálidas de Europa, con temperaturas medias anuales en torno a 15°C aproximadamente, pudiendo variar esta media considerablemente en función de en qué punto del país nos encontremos. Debido a sus características orográficas y a su baja altitud, la comunidad autónoma de Andalucía suele registrar las máximas temperaturas de la comunidad, con valores medios anuales de unos 18,5°C y temperaturas estivales nocturnas normalmente superiores a los 12°C. (Ayuntamiento de Sevilla, 2017)

El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) establece que es la AEMET la institución encargada de generar y particularizar los escenarios de cambio climático para el territorio español. Esto se debe a que la generación de dichos escenarios puede ser realizada con numerosas técnicas, siendo algunas “de alta complejidad y solo abordables con equipos de supercomputación y personal muy especializado”, de acuerdo al PNACC.

Este es el caso de las técnicas de *downscaling* necesarias para adaptar los escenarios climáticos a las características de cada región española. Así, a través de diversos proyectos financiados por la Unión Europea como el proyecto PRUDENCE, se han generado varios escenarios climáticos regionales de alta resolución para Europa a partir de modelos regionales. En el caso de España, se decidió que las proyecciones climáticas más adecuadas son las generadas por los modelos A2 y B2 combinados.

Posteriormente, la AEMET (2016) generó una nueva colección de escenarios a partir de los modelos del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, teniendo en cuenta esta vez los escenarios A2, A1B y B1, además de un escenario de mitigación (E1). A partir de los mismos comenzaron a generarse predicciones climatológicas con las que poder intuir la forma en la que evolucionarán tanto las temperaturas como las precipitaciones, permitiendo así la puesta en marcha de las medidas de adaptación que sean necesarias en un futuro.

Temperaturas

Según datos de la AEMET (2018a), al estudiar la temperatura media diaria desde 1970 hasta la actualidad, puede observarse claramente un aumento progresivo de la misma de unos 2° C.

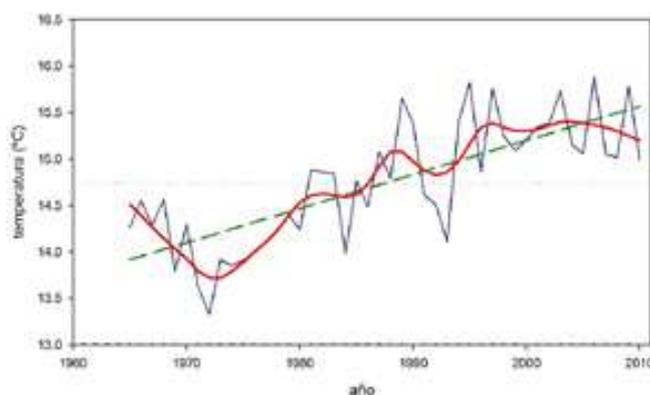


Figura 14. Evolución de la temperatura media anual a partir de las estaciones de referencia

3. Los Proyectos de Infraestructuras Civiles en España: La Red Troncal de Transportes y la consideración del Cambio Climático

Asimismo, las temperaturas máximas también siguen una tendencia de aumento que ha llevado a temperaturas anormalmente elevadas estos últimos años, como fueron los 44,8°C registrados por la estación de Sevilla Aeropuerto el 5 de septiembre de 2016 (AEMET, 2018b). Estos fenómenos van asociados al aumento de olas, es decir, episodios de al menos tres días consecutivos en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias.

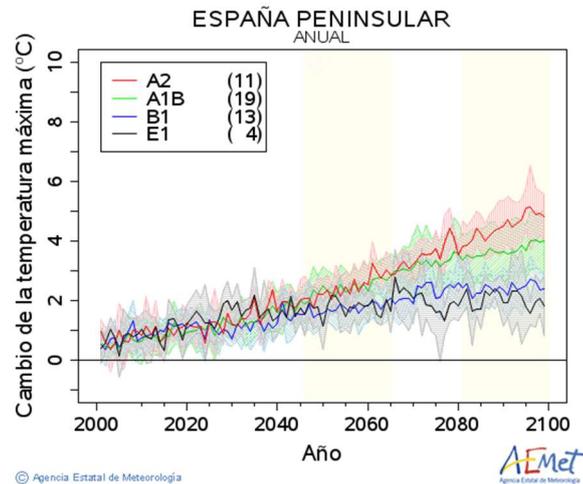


Figura 15. Cambio de la temperatura máxima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC

Si atendemos al análisis por estaciones, puede observarse que para los meses de primavera (marzo, abril y mayo) y verano (junio, julio y agosto) el aumento de las máximas puede llegar hasta los 6°C en el caso del escenario A2.

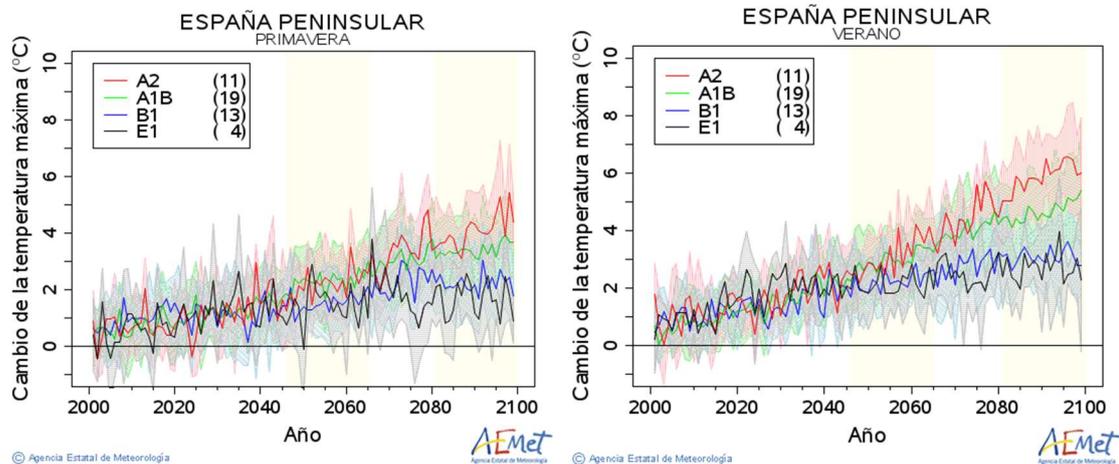


Figura 16. Cambio de la temperatura máxima en las estaciones más cálidas de acuerdo a los diversos escenarios planteados a a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC

Mientras que para el caso de los meses de otoño (septiembre, octubre y noviembre) e invierno (diciembre, enero y febrero) los diversos escenarios generados consideran igualmente que la temperatura máxima continuará aumentando pero de forma más discreta que en los meses de primavera y verano.

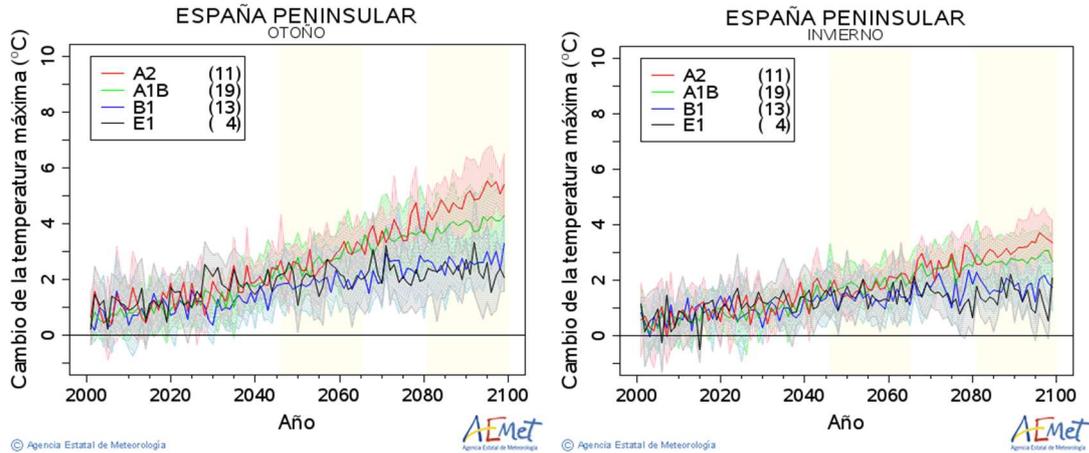


Figura 17. Cambio de la temperatura máxima en las estaciones más frías de acuerdo a los diversos escenarios planteados a a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC

En cuanto a las temperaturas mínimas, la AEMET también pronostica un aumento progresivo de las mismas, llegando hasta los 2-3°C para algunos escenarios.

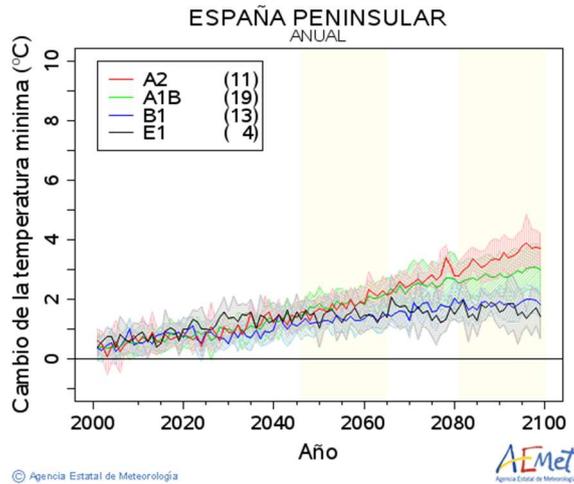


Figura 18. Cambio de la temperatura mínima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC

Al igual que en el caso de las temperaturas máximas, este aumento será más notable en las estaciones más cálidas (primavera y verano) que en las frías (otoño e invierno), siendo las previsiones más favorables en el escenario de mitigación (E1).

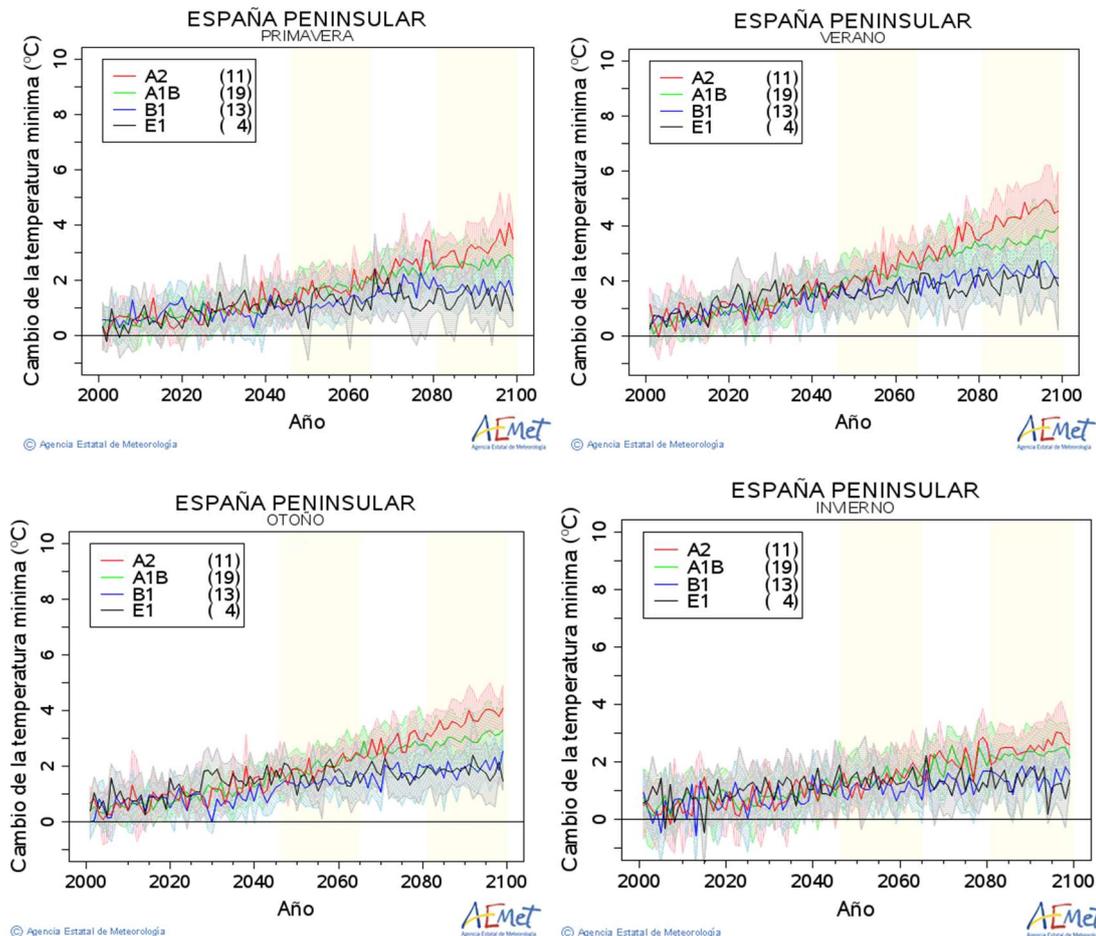


Figura 19. Cambio de la temperatura mínima por estaciones según los diversos escenarios planteados a partir del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC

Como podemos observar, todas las proyecciones anteriores concluyen que las temperaturas irán aumentando progresivamente, con consecuencias como el aumento de las temperaturas extremas y una mayor frecuencia de olas de calor.

Actualmente, la AEMET ha desarrollado nuevas predicciones basadas en tres de los cuatro nuevos escenarios de emisión definidos en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014), llamados “Trayectorias de Concentración Representativas” (RCP). Así, se consideran dos escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y uno en el que las emisiones de GEI seguirían aumentando (RCP8.5). La característica de estos escenarios es que ofrecen la posibilidad de contemplar los efectos de las políticas de mitigación o adaptación al cambio climático que se pongan en marcha, algo que no contemplaban las anteriores predicciones.

De esta forma, las previsiones actuales de la AEMET son las siguientes (2018c):

Para las temperaturas máximas, todos los escenarios considerados pronostican un aumento de las mismas, si bien los escenarios RCP4.5 y RCP6.0 consideran que dicho cambio será más moderado que en el caso del escenario más desfavorable, en el que pueden alcanzarse un crecimiento de hasta 6°C en 2100.

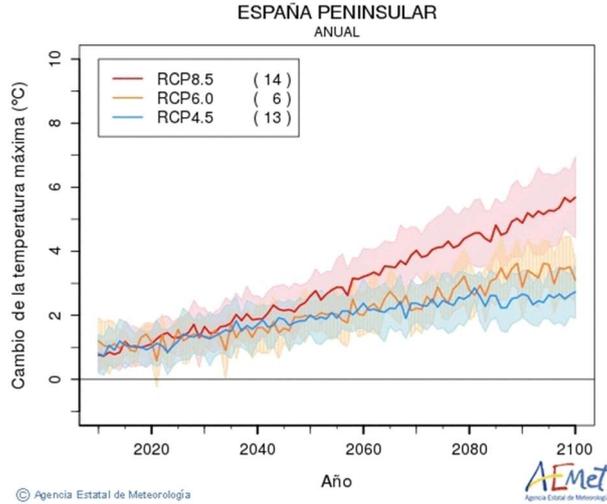


Figura 20. Cambio de la temperatura máxima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Atendiendo al análisis estacional, puede verse que dicho incremento será más moderado en invierno que en el resto de estaciones, siendo particularmente elevado en los meses de verano.

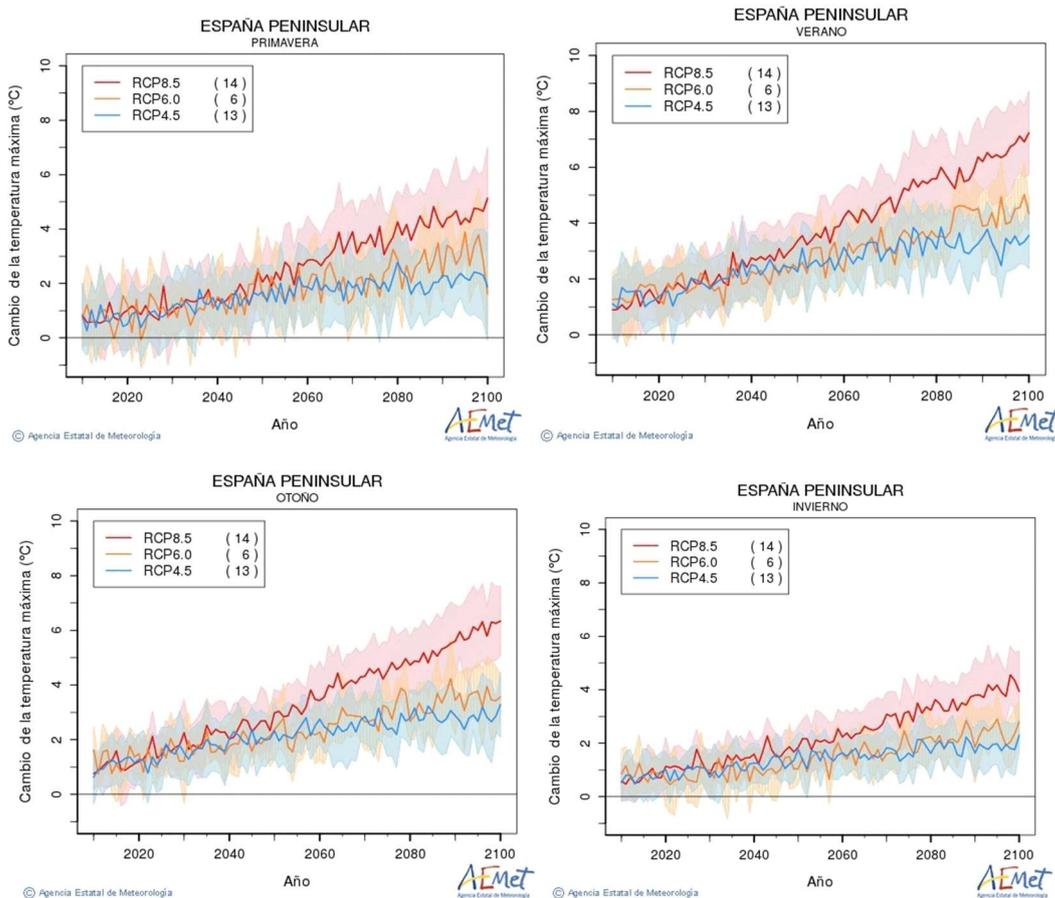


Figura 21. Análisis estacional de las temperaturas máximas según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

3. Los Proyectos de Infraestructuras Civiles en España: La Red Troncal de Transportes y la consideración del Cambio Climático

También podemos observar cómo en los tres escenarios se produce un aumento de la duración de las olas de calor, siendo este crecimiento especialmente preocupante a finales de siglo, pues en el caso más desfavorable (escenario RCP8.5) la duración de estos fenómenos extremos puede alcanzar hasta los 25-30 días.

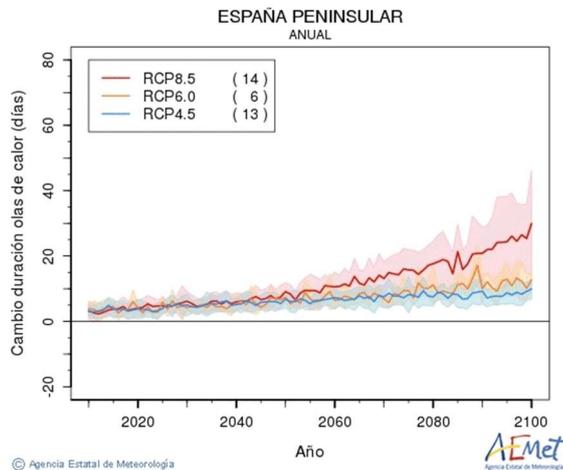


Figura 22. Cambios en la duración de las olas de calor según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

En cuanto a las temperaturas mínimas, puede observarse que en todos los escenarios continua la tendencia de aumento, si bien lo hace de forma algo más modesta que en el caso de las temperaturas máximas.

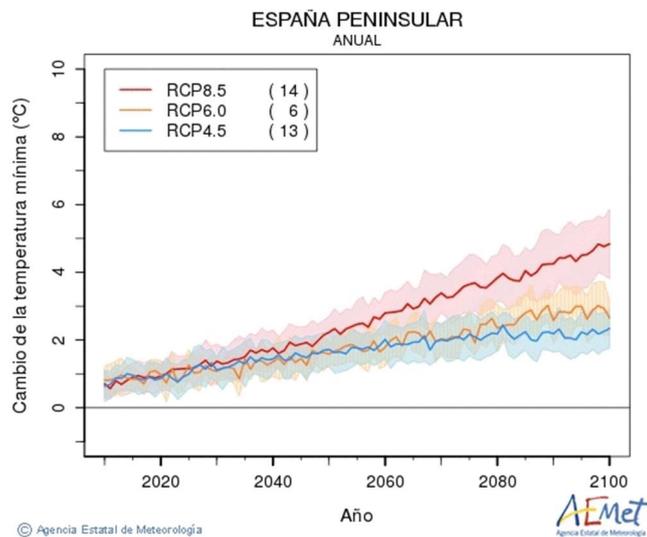


Figura 23. Cambio de la temperatura mínima anual según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Mientras que el análisis estacional arroja los siguientes resultados:

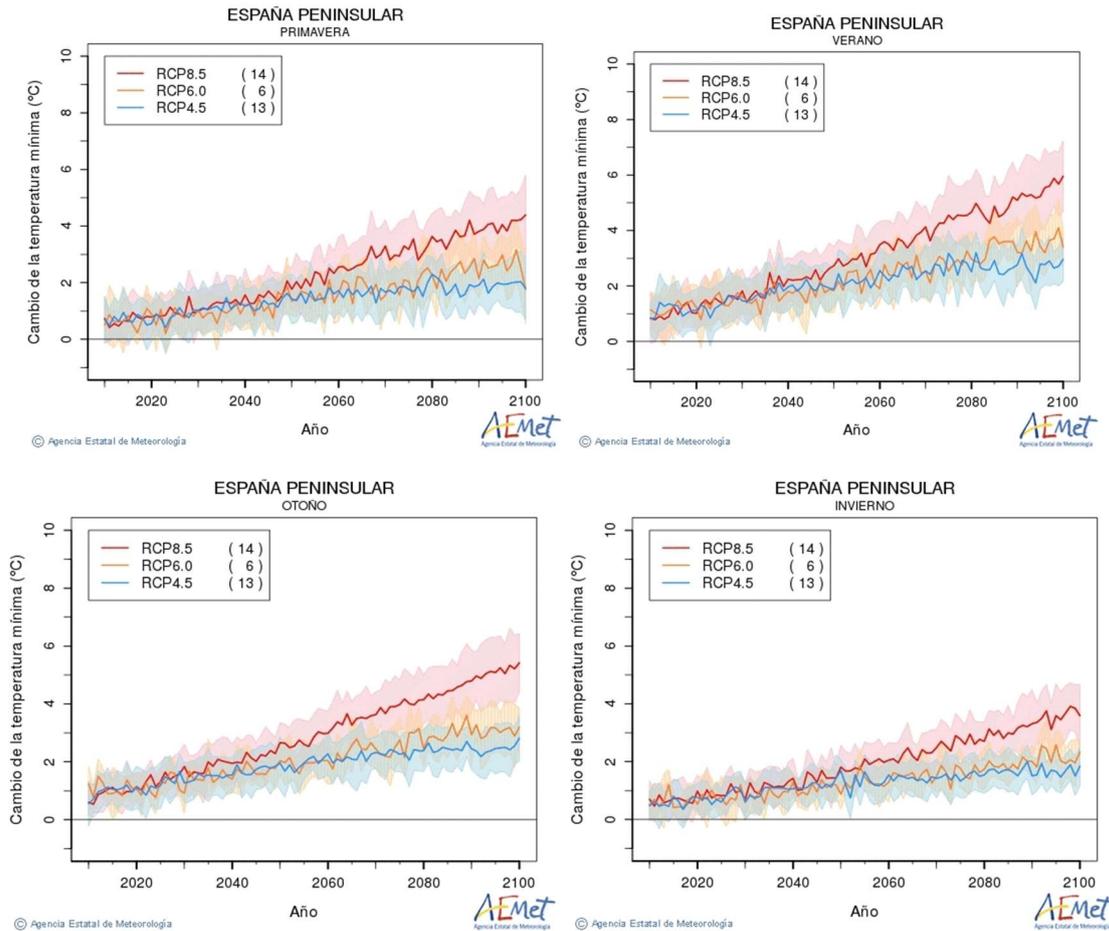


Figura 24. Análisis estacional de las temperaturas mínimas según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Como puede observarse, la tendencia es similar al caso de las temperaturas máximas especialmente en el caso del escenario más desfavorable (RCP8.5, en rojo en la gráfica) que pronostica un aumento de hasta 4°C para las mínimas invernales de finales de siglo. Esto también se traduce en una reducción del número de días de helada (es decir, con temperaturas inferiores a los 0°) como podemos ver a continuación.

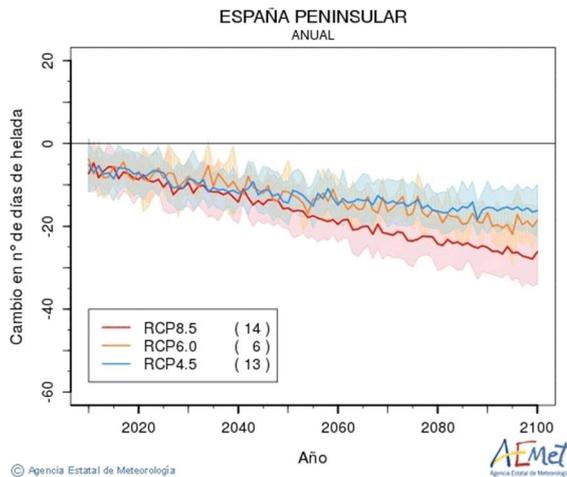


Figura 25. Cambio en número de días de helada anuales según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Por tanto, queda patente que la primera consecuencia directa del cambio climático es el aumento generalizado de las temperaturas, lo que acarreará problemas como el incremento de los fenómenos de olas de calor, afectando directamente a la salud, la biodiversidad y también a todo tipo de instalaciones, entre las que se encuentran las infraestructuras de transporte.

Precipitaciones:

En cuanto a las precipitaciones, AEMET ofrece tanto un registro de precipitación histórico que permite conocer cuáles han sido las tendencias en el patrón de lluvias desde comienzos del siglo XX, así como predicciones basadas en los escenarios anteriormente comentados.

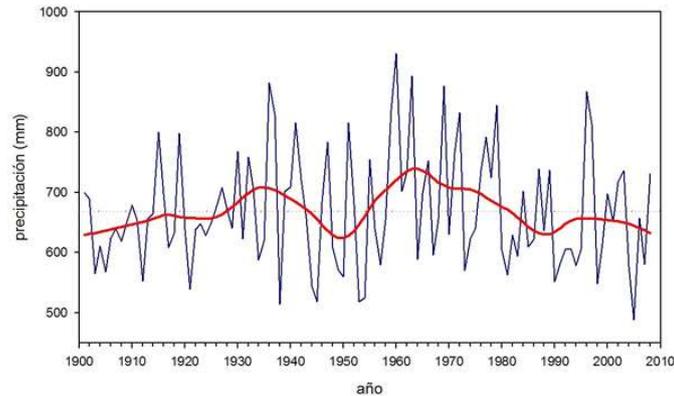


Figura 26. Evolución de la precipitación acumulada anual a partir de las series reconstruidas

De esta forma, podemos comprobar que la precipitación sobre el territorio español ha presentado históricamente una gran variabilidad, si bien se aprecia en las últimas décadas una ligera tendencia a la disminución de la precipitación acumulada anual.

En cuanto a las predicciones en función de los diversos escenarios climatológicos considerados, si atendemos a los modelos más recientes (esto es, a los modelos RCP surgidos a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC), tenemos que la variación anual pronosticada sería la siguiente:

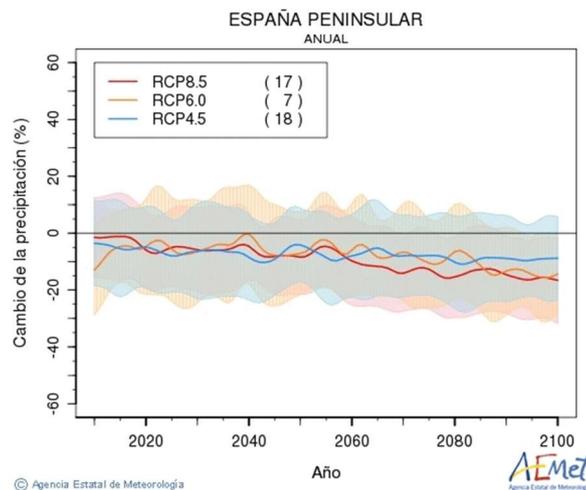


Figura 27. Cambios en el patrón de precipitaciones según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Como podemos observar, se aprecia una tendencia generalizada a la disminución en las precipitaciones de todos los escenarios, si bien existe una gran incertidumbre en torno a estas predicciones.

De acuerdo al análisis estacional, encontramos que la tendencia a la escasez de precipitaciones será especialmente acuciante en los meses más calurosos del año, sobre todo en los correspondientes a la

estación veraniega. Esto obliga a plantear medidas de adaptación con la finalidad de poder evitar episodios de sequía que puedan causar un perjuicio sobre la sociedad en general y sobre las obras civiles en particular.

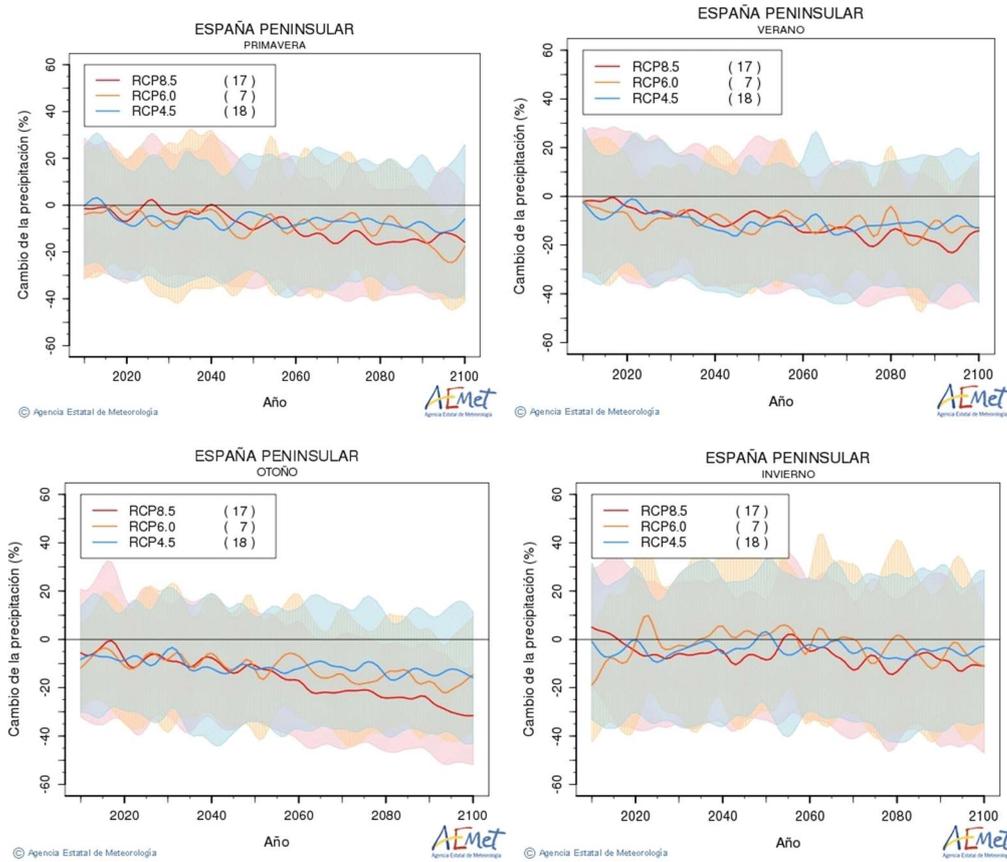


Figura 28. Análisis estacional de las precipitaciones anuales según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

La AEMET también ofrece un pronóstico de la variación del número de días de lluvia en el que se reafirma una vez más la ya comentada variación negativa de las precipitaciones.

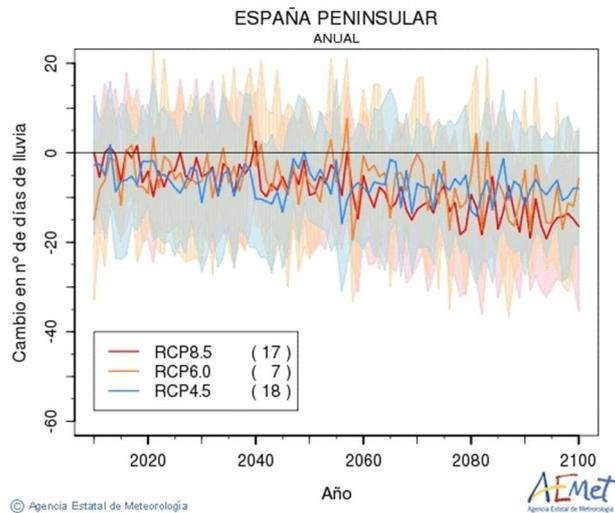


Figura 29. Variación del número de días de lluvia esperada según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

3. Los Proyectos de Infraestructuras Civiles en España: La Red Troncal de Transportes y la consideración del Cambio Climático

En cuanto a fenómenos extremos como precipitaciones intensas, los tres escenarios considerados pronostican una disminución general de su frecuencia, especialmente a finales de siglo. No obstante, existe una gran preocupación en torno a la intensidad de las mismas, pues esta sí puede aumentar pese a que disminuya su frecuencia. Esto crearía problemas de inundaciones tanto pluviales como fluviales para los que sería necesario plantear nuevas medidas de contención que eviten daños en las infraestructuras existentes y en las futuras.

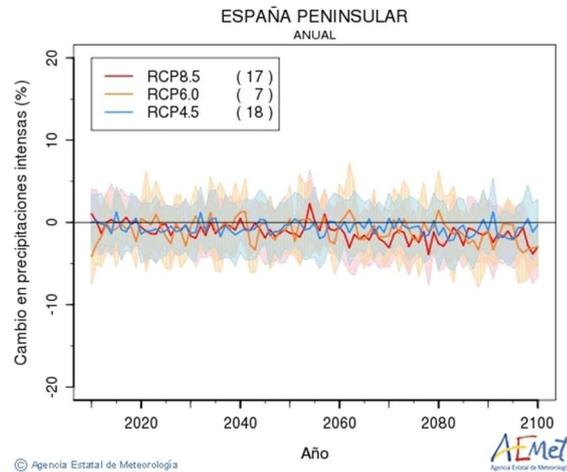


Figura 30. Cambio en precipitaciones intensas según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Respecto del régimen hidrológico, según datos del CEDEX (2013) se estima que su variabilidad anual aumentará en las cuencas atlánticas, lo que puede favorecer la disminución de la frecuencia de avenidas, aunque su magnitud no decrecerá. Sin embargo, la irregularidad del régimen de precipitaciones pronosticado también causará irregularidades en las crecidas y crecidas relámpago de las cuencas mediterráneas y del interior.

Finalmente debemos atender a fenómenos extremos como las sequías, para los que la AEMET también ofrece una predicción aproximada. De la misma se desprende que la tendencia de la duración de los periodos secos irá en aumento especialmente en los meses más cálidos, si bien existe una gran incertidumbre respecto a la verdadera evolución de estos fenómenos.

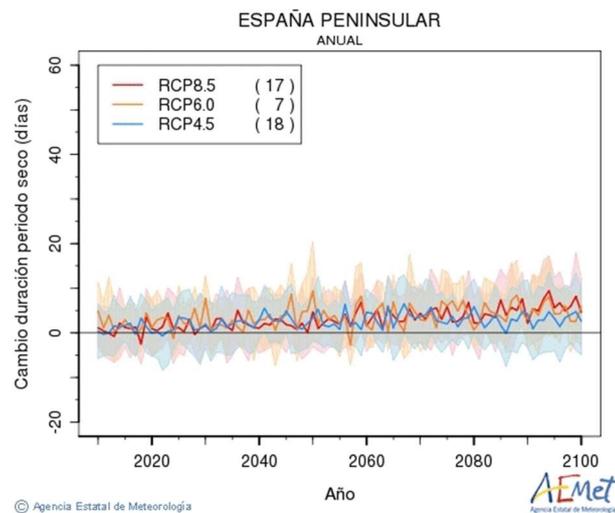


Figura 31. Variación de la duración de los periodos secos (días) según los diversos escenarios planteados a partir del Quinto Informe de Evaluación del IPCC

Otros fenómenos climáticos

- Nieve: como consecuencia directa de la combinación del aumento de las temperaturas y del descenso de las precipitaciones, se estima que las nevadas experimentarán un descenso de su frecuencia, sin verse afectada su intensidad.
- Niebla: según datos del CEDEX (2013) no existen estudios concretos acerca de la evolución de la niebla en España. No obstante, ciertas investigaciones realizadas en Europa concluyen que los niveles de niebla son cada vez más bajos en áreas metropolitanas, posiblemente debido a la reducción de emisiones de dióxido de azufre anteriormente causadas por el uso del carbón para la calefacción.
- Viento: de acuerdo a los diversos escenarios regionales generados, no existen cambios significativos en la intensidad del viento en superficie hasta finales de siglo. En general se estima una disminución de la velocidad del viento excepto en los meses de verano.
- Oleaje: de acuerdo al informe del CEDEX (2013), “todas las simulaciones de oleaje en las costas españolas para distintos escenarios relativos al siglo XXI muestran variaciones moderadas de altura significativa, tanto para las costas del Mediterráneo como del Atlántico, con tendencia general a un ligero descenso”. Además, “la variación del régimen medio de la altura de ola significativa en la costa española será también cercana a cero”, pudiendo darse cambios significativos en la dirección del oleaje a finales de siglo.
- Nivel del mar: de acuerdo al Quinto Informe de Evaluación del IPCC (2014), “la elevación del nivel medio global del mar continuará durante el siglo XXI, y es muy probable que ocurra a un ritmo más rápido que el observado entre 1971 y 2010.” Así, en el periodo 2081-2100 se esperan elevaciones “en los rangos de 0,26 a 0,55 m para RCP2,6, y de 0,45 a 0,82 m para RCP8,5” (IPCC, 2014).
Para el caso concreto de España, según datos del CEDEX (2013) para el año 2050 se espera una elevación mínima del nivel medio del mar de hasta 15 centímetros y un incremento de entre 17 y 35 cm con respecto al año 2000 considerando un escenario de emisiones A1B. Estos datos son especialmente relevantes para la red portuaria, pues unos cambios tan evidentes requieren unas medidas de adaptación acordes a los mismos, de forma que las infraestructuras existentes no queden obsoletas.
- Temperatura de la superficie del mar: debido al calentamiento global, la tendencia de esta variable es la de seguir aumentando a lo largo del siglo XXI, registrando un incremento de aproximadamente 0,02 °C/año, de acuerdo al estudio del CEDEX (2013).

3.2.2.2. Variables climáticas a considerar

Si atendemos a los datos del apartado anterior, tenemos que casi todas las variables climáticas mencionadas son relevantes para una o varias redes de transporte. No obstante, existen ciertas variables que son especialmente importantes ya que afectan de manera directa a la totalidad de la red troncal de transportes, por lo que el diseño de medidas de adaptación a las mismas se convierte en una prioridad, pues constituyen una amenaza más severa que el resto.

Según datos del IPCC (2014), para el sur de Europa “es prácticamente cierto que a finales del siglo XXI habrá un aumento de la frecuencia y la magnitud de las temperaturas extremas cálidas diarias”, siendo “muy probable que la duración, la frecuencia y/o la intensidad de los periodos cálidos o las olas de calor aumenten en casi todas las zonas continentales”. Concretamente, para el escenario de emisiones A1B “es probable que si en un periodo de 20 años se da un día muy caluroso, a finales del siglo XXI esto ocurra cada 2 años en la mayoría de las regiones”.

De acuerdo a este informe, también es probable que “aumenten las precipitaciones intensas en algunas regiones, a pesar de que en ellas se proyecte una disminución en el total de las precipitaciones de dichas regiones”, presentándose una disminución en el periodo de retorno de lluvias extremas.

Ligado a lo anterior, “hay un nivel de confianza medio en que las sequías se intensifiquen en algunas zonas y estaciones del año, debido a la disminución de las precipitaciones y/o al aumento de la evapotranspiración”, como es el caso del sur de Europa.

Todos estos cambios tanto en los regímenes de precipitaciones como en los de temperaturas “suponen posibles cambios en el régimen de inundaciones, aunque en general existe un nivel de confianza bajo en las proyecciones sobre los cambios en las inundaciones fluviales” (IPCC, 2014). No obstante, de acuerdo a este informe, “hay un nivel de confianza medio en que el aumento proyectado de precipitaciones intensas contribuirá al incremento de las inundaciones locales en algunas cuencas o regiones” como sería el caso de España, donde históricamente se han sucedido varias grandes avenidas provocadas por el desbordamiento de diversos ríos debido a precipitaciones intensas.

Por todo esto, las principales amenazas consideradas para la red troncal de transportes española son las siguientes:

- Aumento de temperaturas y de fenómenos extremos como olas de calor
- Aumento de episodios de precipitaciones extremas
- Sequías
- Inundaciones fluviales
- Inundaciones pluviales

Pues son los que con mayor probabilidad causarán impactos sobre los diversos componentes de la red, si bien estos pueden ser tanto adversos como positivos. Es por ello que conviene tener en cuenta dichos impactos desde la fase de planificación de las nuevas infraestructuras, de forma que puedan aprovecharse las oportunidades que puedan derivarse de los diversos escenarios climáticos y también minimizar los posibles impactos que surjan de la construcción de dichas infraestructuras.

3.3. Potenciales impactos sobre la red troncal de transportes

Todos los cambios en los patrones habituales de temperaturas y precipitaciones supondrán una serie de impactos sobre las infraestructuras ya existentes, que necesitarán medidas de adaptación al cambio climático para poder seguir operando con normalidad, y sobre las infraestructuras de nueva construcción, que requerirán también medidas de adaptación desde una fase más temprana, es decir, desde su diseño y planificación. Esto también aplica al caso de las infraestructuras de transporte, pues las incidencias climáticas sobre las mismas constituyen una variable fundamental a tener en cuenta desde su fase inicial de diseño hasta la fase final de explotación.

Estos impactos, como ya se comentó anteriormente, pueden ser tanto positivos o negativos. Los impactos positivos serán aquellos que reporten beneficios sobre la operatividad de las infraestructuras, como por ejemplo el descenso de nevadas y de heladas, pues estos fenómenos están directamente relacionados con incidencias en toda la red troncal de transportes, siendo especialmente relevantes sus consecuencias sobre carreteras y vías de ferrocarril. Por tanto, estos efectos positivos pueden repercutir de forma positiva en la infraestructura desde su diseño llegando incluso a influir de forma provechosa en el aspecto económico del mismo.

No obstante, la incertidumbre ligada al desarrollo de los diversos escenarios climáticos hace que todos los previsibles impactos deban ser tenidos en cuenta con cautela, pues se corre el riesgo de diseñar de acuerdo a unas previsiones que posteriormente no se cumplan. Es por esto que deben considerarse fundamentalmente los impactos negativos que puedan producirse, ya que son los que pueden repercutir en el funcionamiento de las infraestructuras de la red hasta el punto de convertirlas en inoperativas.

3.3.1. Consideración de los impactos derivados del cambio climático sobre nuevas infraestructuras

Para considerar la adaptación al cambio climático en futuras infraestructuras, debe atenderse a las diversas fases del desarrollo de la misma

a) Fase de planificación

De acuerdo al CEDEX (2013), “las dos facetas de la planificación que podrían verse a priori más comprometidas por el cambio climático son los estudios de demanda y la evaluación de alternativas de emplazamiento para la construcción de nuevas infraestructuras”.

De los dos aspectos anteriores, el fundamental es, sin duda, el análisis de las alternativas de emplazamiento, pues deben tenerse en cuenta impactos como la subida del nivel del mar, el aumento de avenidas, el riesgo de desbordamiento de ríos cercanos como consecuencia del incremento de las precipitaciones intensas... A la hora de elegir dónde llevar a cabo la nueva infraestructura, de forma que su funcionalidad se vea lo menos afectada posible por los mismos.

No obstante, los estudios sobre la demanda del transporte y la movilidad de pasajeros y transportes son los que marcan la necesidad de nuevas dotaciones e infraestructuras en la red de transportes. La introducción de los efectos del cambio climático en estos análisis es una tarea compleja, pues al no saberse con certeza la forma en la que el clima va a evolucionar en las diversas zonas de España tampoco puede determinarse la forma en la que dicha evolución afectará al uso que hacen los pasajeros de la red.

Atendiendo al estudio realizado por el CEDEX (2013), “diversos estudios realizados en España señalan posibles cambios en los patrones de distribución territorial de la población y de los hábitos turísticos como consecuencia del cambio climático”. Por tanto, es posible que ciertas zonas de la península comiencen a necesitar una mayor dotación estructural que otras como consecuencia de

movimientos poblacionales y turísticos. Sin embargo, actualmente se considera que la inclusión del cambio climático en estos estudios de demanda no cambiaría demasiado los resultados de los mismos, por lo que el aspecto más importante de la fase de planificación de nuevas infraestructuras continúa siendo la adecuada elección de su emplazamiento.

b) Fase de diseño

Los impactos que puedan darse en esta fase dependerán fundamentalmente del tipo de infraestructura a diseñar.

En el caso de la **red vial**, se espera un aumento de daños en taludes a causa del previsible aumento de la intensidad de las precipitaciones, provocando daños localizados en los mismos a causa del agua de escorrentía. La estabilidad de estos elementos también podría verse afectada en caso de inundaciones pluviales cuando las carreteras discurran cerca de cauces de ríos.

También se esperan daños en los firmes, pues el aumento de las temperaturas máximas lleva consigo problemas tales como roderas, problemas de compactación entre el mortero y el ligante o fisuras. Del aumento de precipitaciones extremas también pueden derivarse problemas como blandones o protuberancias, algo que debe tenerse en cuenta durante la elección del tipo de firme a emplear.

Así mismo, el aumento de temperaturas combinado con la disminución de la precipitación media anual podrá afectar a cualquier otro componente de la infraestructura: obras de protección, señalización, defensas... Pues mayores temperaturas conllevan un envejecimiento acelerado de todos estos elementos, constituyendo así el principal riesgo para este tipo de infraestructuras.

En cuanto a la **red ferroviaria**, se prevén mayores daños en el caso de las líneas convencionales, pues las líneas de alta velocidad suelen diseñarse para que cumplan mayores exigencias y son menos susceptibles de verse comprometidas por la afección del cambio climático. No obstante, el aumento generalizado de las temperaturas tendrá impactos negativos sobre ambos tipos de vías, causando daños sobre carriles, traviesas y sujeciones especialmente. También será necesario tener en cuenta el aumento de lluvias intensas, que puede causar perjuicios tales como movimientos del balasto, colapsos en las obras de desagüe y daños localizados en taludes.

Además de las temperaturas y las precipitaciones, otra variable climática a tener en cuenta en el diseño de futuras líneas ferroviarias es el viento, pues un aumento de la intensidad de las rachas de viento puede tener un impacto negativo sobre las catenarias y las obras de protección, además de favorecer el riesgo por caídas de objetos.

Para la **red aeroportuaria**, el aumento de temperaturas vuelve a presentarse como el principal causante de impactos negativos por varios motivos.

En primer lugar, al igual que sucedía con las carreteras de la red vial, el incremento de las temperaturas creará problemas en los firmes del campo de vuelo, pudiendo suponer inconvenientes para las diversas maniobras de las aeronaves. También influirá de forma negativa en la demanda energética de edificios aeroportuarios y de vehículos, pues tendrán mayores necesidades de climatización con el fin de no reducir el confort de los usuarios ni de los trabajadores.

El segundo factor a tener en cuenta vuelve a ser el aumento de las precipitaciones extremas, que pueden provocar daños en los sistemas de desagüe e inundaciones de las pistas, por lo que vuelve a ser fundamental el correcto dimensionamiento de este tipo de obras para lograr una adaptación satisfactoria.

Por último, el viento también puede tener efectos significativos sobre la operatividad de este tipo de infraestructuras, por lo que también será necesario tenerlo en cuenta si bien sus potenciales impactos aún son inciertos.

Finalmente, en el caso de la **red portuaria**, la variable climática fundamental a tener en cuenta será

la subida del nivel del mar, pudiendo conllevar impactos positivos y negativos. La elevación del nivel del mar puede mejorar la operatividad de algunos puertos como el de Sevilla, que en la actualidad sufren restricciones de acceso por calado insuficiente, impidiendo que ciertos buques puedan atracar en sus muelles. Sin embargo, el aumento del calado y de la altura de ola también favorecerán en los diques pudiendo llegar a causar su rotura ya que tendrán que soportar mayores esfuerzos. Por ello, un correcto dimensionamiento de estos componentes será fundamental para lograr la correcta adaptación del puerto al cambio climático.

c) Fase de construcción

En la etapa final de la puesta a cabo de nuevas infraestructuras, los principales impactos serán causados por el aumento de las temperaturas y de las olas de calor, que afectarán tanto a las condiciones de trabajo de las personas como al correcto funcionamiento de la maquinaria. Las precipitaciones intensas también pueden afectar a los periodos de trabajo y a la ejecución de ciertas obras civiles, como los taludes o las explanadas.

Asimismo, las temperaturas elevadas y los periodos de sequía pueden afectar a procesos como el curado o el fraguado del hormigón, por lo que habrá que prestar atención a los mismos para que se ejecuten de forma correcta.

3.3.2. Consideración de los impactos derivados del cambio climático sobre infraestructuras ya existentes

Al igual que en el apartado anterior, consideramos cada red por separado para analizar los posibles impactos que puedan darse en cada una de ellas.

En primer lugar, tenemos que los potenciales efectos negativos del cambio climático sobre la **red vial** se darán, al igual que en el caso de nuevas infraestructuras, sobre el drenaje y las obras de tierra debido al aumento de las precipitaciones extremas. Las consecuencias de estos cambios pueden abarcar desde la erosión de taludes y firmes hasta el completo derrumbe de partes de la infraestructura, al no ser capaces de soportar la intensidad de las lluvias. Este aumento de la intensidad de las precipitaciones también puede afectar a elementos como muros de contención y estribos, además de constituir un riesgo para los sistemas de señalización e iluminación.

Las avenidas e inundaciones fluviales también han de tenerse en cuenta como factor de riesgo ya que pueden afectar a obras de fábrica y de protección además de causar problemas de aqua-planning, así como el incremento de las temperaturas, que provocarán daños en los firmes y aumentarán el riesgo de incendio de la vegetación circundante de la calzada.

En cuanto a la **red ferroviaria**, el aumento de las lluvias intensas vuelve a ser el fundamental riesgo, especialmente para las líneas convencionales, cuya antigüedad las hace más vulnerables. Así, pueden darse problemas por desestabilización de taludes, erosión de cimientos o estribos en el caso de puentes, desprendimientos que puedan provocar la presencia de obstáculos en la vía y movimientos en el balasto que afecten a la operatividad del servicio. Además, las altas temperaturas y los periodos de sequía favorecerán el riesgo de incendios, especialmente en los sistemas eléctricos necesarios para el funcionamiento de las vías.

Para la red ferroviaria de alta velocidad, los impactos serán similares a los que se consideran en el caso de nuevas líneas, si bien vuelve a ponerse de manifiesto la importancia de plantear medidas de adaptación al aumento de precipitaciones intensas, pues la incidencia de las mismas sobre las actuales líneas de alta velocidad causará problemas como la erosión de taludes, pilas y estribos, inundaciones y arrastre de balasto o la rotura de elementos en sistemas de seguridad y comunicaciones. También deben tenerse en cuenta los impactos derivados del aumento de

temperaturas, que causarán dilatación de los carriles con el consiguiente perjuicio sobre las uniones y las traviesas, además de aumentar el riesgo de incendios.

En el caso de la **red aeroportuaria**, la afección del cambio climático sobre las infraestructuras ya existentes es complicada de pronosticar ya que las principales variables climáticas que afectan a la operatividad de los aeropuertos suelen ser la niebla y el viento, fenómenos para los que aún existe una gran incertidumbre en torno a su futuro comportamiento.

Tanto la niebla como el viento afectan al normal funcionamiento de las operaciones de despegue y aterrizaje, aumentando el riesgo de accidente ya que, por un lado, la reducción de visibilidad provocada por la niebla dificulta la posibilidad de realizar las maniobras que sean necesarias para evitar choques entre aeronaves o con otros vehículos si se produjera la invasión de otra calle de rodaje en la que estuviese realizándose otra operación. Por otro lado, el viento influye especialmente en el campo de vuelo, ya que las pistas deben orientarse en la dirección del viento predominante para favorecer la correcta ejecución de todas las maniobras necesarias.

Por otra parte, el aumento de las temperaturas vuelve a situarse como otro factor de riesgo ya que acelerará el envejecimiento de los firmes bituminosos del campo de vuelos y aumentará la demanda energética para la climatización de aeronaves y edificios aeroportuarios. Además, al igual que para el resto de redes, aumentará el riesgo de incendio, algo especialmente peligroso en zonas como la de repostaje de combustibles.

La incidencia de las precipitaciones en el caso de esta red es menor que para el resto, si bien es necesario tenerla en cuenta especialmente en el mantenimiento de los sistemas de desagüe, de forma que se eviten inundaciones en el campo de vuelos.

Por último, para la **red portuaria** la variable climática principal vuelve a ser la subida del nivel del mar, pues puede acarrear efectos negativos como rebases de los diques, riesgo de fallo del dique por infradimensionamiento del mismo (pues la altura de ola también será cada vez mayor) e incluso cierres prolongados de los diques como consecuencia de lo anterior.

Además de esto, deberá tenerse en cuenta el aumento de las temperaturas ya que contribuirá al empeoramiento de la calidad del agua y hará necesario un aumento de las tareas de limpieza con el fin de evitar sedimentaciones o estratificación de la columna de agua. Otra variable climática importante puede ser la niebla, ya que al reducir la visibilidad puede aumentar el riesgo de choque entre buques o con diques y estructuras de contención.

Otras variables como las precipitaciones parecen no tener efectos significativos sobre las actuales infraestructuras de la red portuaria española, si bien esto dependerá de cómo esté diseñado cada puerto y de las condiciones climáticas de dónde esté situado.

3.4. Posibles medidas de adaptación para las infraestructuras de la red troncal de transportes en España

Tal y como se recoge en el informe del CEDEX (2012), en España todavía no existe una estrategia formal de adaptación al cambio climático aplicable a las infraestructuras de transporte, por lo que proponer actuaciones de adaptación sin una guía en la que enmarcarlas es una tarea compleja. Tampoco se tienen datos sobre las medidas de adaptación que deberían llevarse a cabo en la red troncal de transportes española de acuerdo a la relación entre el coste que suponga ponerlas en marcha y la eficiencia de las mismas, por lo que actualmente todas las propuestas existentes surgen a partir de los escenarios regionales de cambio climático generados por AEMET y de los riesgos que se derivan de los mismos, algo que hace que estas medidas de adaptación sean aún demasiado teóricas, al igual que los potenciales impactos esperados.

Las actuaciones de adaptación deben dirigirse tanto a las infraestructuras de nueva construcción como a las ya existentes, de acuerdo a los previsibles efectos negativos que se derivarán del cambio climático ya comentados en el apartado anterior. Como existe aún bastante incertidumbre en torno a los mismos será necesario tener en cuenta una gran variedad de situaciones, como por ejemplo, la consideración de varias alternativas de emplazamiento en el caso del diseño de nuevas infraestructuras; mientras que en el caso de infraestructuras ya existentes puede plantearse la necesidad de sustitución o refuerzo de una parte de las mismas e incluso debe considerarse el fallo de la totalidad de la estructura.

Una vez seleccionadas todas las alternativas posibles, el procedimiento más óptimo para elegir cuál de ellas debe llevarse a cabo sería realizar un análisis coste-beneficio, algo que en este caso es complejo ya que la implantación de medidas de adaptación no reporta beneficios a corto plazo y las empresas que gestionan una parte de las infraestructuras de la red de transportes buscan principalmente rentabilidad económica. Por tanto, también deben llevarse a cabo labores de concienciación sobre los impactos que el cambio climático tendrá sobre las infraestructuras y la forma en la que estos pueden disminuir considerablemente la vida útil de las mismas, de manera que el gasto a realizar en medidas de adaptación no se vea como una pérdida de dinero sino como una inversión a medio-largo plazo que terminará reportando beneficios tanto a nivel económico como de operatividad.

Como sugiere el Libro Verde de la Comisión Europea (Adaptación al cambio climático en Europa: Opciones de actuación para la UE, 2007), también es necesario integrar la adaptación en políticas y legislaciones tanto vigentes como en preparación, al igual que en los programas de financiación comunitarios actualmente existentes, pues “el éxito del planteamiento que aplique la UE a la adaptación depende de una cooperación intensificada entre los Estados miembros, y entre estos y la UE”. En el caso concreto de España, la cooperación entre diferentes organismos es fundamental a la hora de desarrollar estrategias eficaces de adaptación, por lo que se necesita una correcta coordinación de actores estatales, regionales y locales tanto públicos como privados para que las medidas que se planteen puedan llevarse a cabo de manera satisfactoria.

Una vez elegidas las medidas a incluir dentro del plan de adaptación de acuerdo a los impactos negativos derivados de la afección del cambio climático sobre las infraestructuras de la red de transporte, teniendo en cuenta tanto la peligrosidad como la incertidumbre de los mismos, es primordial determinar el momento exacto en que dichas medidas deben comenzar a llevarse a cabo para combatir los riesgos adecuadamente, teniendo en cuenta los condicionantes económicos u otras dificultades que puedan existir.

Finalmente, también sería óptima la puesta en marcha de un plan de seguimiento ambiental de las medidas que terminen llevándose a cabo, para poder comprobar que estas efectivamente están siendo eficaces y continúan garantizando la correcta funcionalidad de las infraestructuras sobre las que se

han aplicado.

A continuación se exponen ejemplos de diversas medidas que podrían llevarse a cabo en función del tipo de infraestructura, teniendo siempre en cuenta que lo primordial para todas ellas es el análisis de los diversos impactos que puedan causar un mayor daño a las mismas para poder contrarrestarlos en la medida de lo posible.

a) Red vial

Como se desprendió del análisis del anterior apartado, tanto en el caso de nuevas carreteras como en el de calzadas ya existentes, los elementos más vulnerables a sufrir daños derivados del cambio climático son los taludes de desmonte y terraplén, especialmente sensibles a precipitaciones extremas e inundaciones. Por tanto, sería conveniente reforzarlos con vegetación específica o modificar aspectos de su geometría (como la pendiente) de forma que se vean menos afectados por estos fenómenos climáticos extraordinarios. Además, también es importante reforzar las obras de protección si la carretera discurre paralela al cauce de un río y las obras de drenaje, para lo que es conveniente prestar atención a la última modificación de la Instrucción 5.2-IC sobre drenaje superficial de carreteras, pues se rige de acuerdo a periodos de retorno elevados que aumentan la seguridad de las obras que se realicen siguiendo sus pautas.

También será fundamental trabajar en medidas de adaptación de los firmes bituminosos a las futuras condiciones climáticas a las que se verán sometidos, algo que puede lograrse con las adecuadas operaciones de mantenimiento y rehabilitación: fresados, tratamientos superficiales con lechadas bituminosas, recrecimientos... Todas aquellas actuaciones que sean necesarias para evitar la formación de fisuras y roderas. Otro aspecto importante vuelve a ser el adecuado drenaje de las calzadas para evitar interrupciones en su servicio, por lo que es posible que deba revisarse los apartados de las normativas 6.1. y 6.3. IC respecto al uso de mezclas drenantes en determinadas zonas de España para las que está previsto un descenso significativo de la precipitación media anual, pues un uso incorrecto de las mismas puede dificultar las labores de limpieza y provocar efectos indeseados como aquaplaning. No obstante, el aumento de temperaturas también permitirá el empleo de mezclas drenantes en una mayor cantidad de zonas, por lo que será necesario revisar la norma de no proyectar pavimentos con estas mezclas en altitudes superiores a los 1200 metros por problemas de heladas y nevadas.

En el caso de estructuras como puentes o túneles, será necesario prestar especial atención a estribos, pilas y demás elementos que los conformen, reparándolos o sustituyéndolos siempre que sea preciso, de manera que se garantice la circulación de forma segura a través de los mismos. En resumen, todas las tareas de mantenimiento y conservación preventivas facilitarán las labores de adaptación, pues permitirán a los gestores de las carreteras anticiparse a las consecuencias del cambio climático de forma que los perjuicios que puedan darse sean los menos posibles.

b) Red ferroviaria

En este ámbito, las principales afecciones serán causadas tanto por el aumento de precipitaciones extremas como por el aumento de inundaciones provocadas por las mismas. Por ello, los sistemas de drenaje vuelven a ser prioritarios ya que son los encargados de evitar inundaciones de la plataforma o infiltraciones de agua que puedan provocar movimientos de balasto. Al igual que antes, si estos sistemas se diseñan o modifican de acuerdo a la Instrucción 5.2-IC sobre drenaje superficial de carretera (también utilizada en el ámbito ferroviario), las necesidades de adaptación a corto plazo estarán cubiertas, pues la norma establece periodos de retorno elevados y contempla situaciones de avenidas extraordinarias.

Al igual que en el caso de la red de carreteras, también será necesario prestar especial atención a puentes, túneles y viaductos, de forma que la correcta funcionalidad de sus diversos componentes

(estribos, pilas, cimientos, obras de protección...) esté siempre garantizada. También debe tenerse en cuenta el refuerzo de la estabilidad de taludes, para los que pueden aplicarse medidas como las ya comentadas en el caso de la red vial.

Las altas temperaturas y los fenómenos de ola de calor provocarán deformaciones de los carriles y de las sujeciones, comprometiendo la funcionalidad de los sistemas carril-travesía-sujeciones. También se verán incrementados los riesgos de incendios tanto de la vegetación circundante como de los sistemas eléctricos, por lo que será necesario una vigilancia exhaustiva de las vías e incluso dotarlas de reservas especiales de agua que puedan servir como solución de emergencia durante periodos de sequía.

Una vez se tengan predicciones sólidas del cambio en el régimen de vientos, también será necesario revisar la normativa de diseño de la catenaria y los diversos apantallamientos necesarios, de forma que las rachas de máxima intensidad no perjudiquen la seguridad de estos elementos ni lleguen a provocar interrupciones en la operatividad de las líneas.

También es recomendable, al igual que en el caso de la red vial, llevar a cabo un correcto mantenimiento y vigilancia de la infraestructura al completo, prestando especial atención a taludes que presenten riesgo de erosión; al riesgo de inundación de la vía o de alguna estructura de la misma; al estado del balasto de forma que se eviten arrastres y movimientos indeseados; al estado de la catenaria y de las subestaciones eléctricas de tracción para evitar incendios cuando se den temperaturas extremas; al riesgo de colapso en puentes o viaductos que hayan soportado una gran cantidad de precipitaciones y al control de la vegetación en los márgenes de la vía, sobre todo en periodos de sequía para así poder reducir el riesgo de incendios.

En cuanto a las estaciones ferroviarias, los principales problemas vienen dados por su necesidad de climatización y de saneamiento, por lo que deberán revisarse ambos sistemas para evitar disfunciones de los mismos y garantizar el confort de usuarios y trabajadores.

c) Red aeroportuaria

Como ya se ha detallado anteriormente, aún no existen predicciones fiables sobre los cambios en los patrones de niebla y de viento en España, por lo que la adaptación de aeropuertos y aeronaves al cambio climático se presenta más complicada que en los dos casos anteriores. No obstante, tanto las altas temperaturas como el aumento de las precipitaciones extremas también tendrán impactos negativos sobre estas infraestructuras, por lo que también deben plantearse medidas de adaptación a los mismos.

En primer lugar, deben tenerse en cuenta los cambios y mejoras que sean necesarias en los sistemas de drenaje para que no se produzcan inundaciones en el campo de vuelo debido al aumento de la intensidad de lluvias de corta duración. También habrá que revisar el estado de los firmes bituminosos de las pistas y aplicar los tratamientos que sean pertinentes para que puedan resistir el aumento de temperaturas y de olas de calor degradándose lo menos posible, de forma que la operatividad del campo de vuelo no se vea afectada. Las temperaturas extremas también aumentan el riesgo de incendios, factor que debe ser seriamente tenido en cuenta debido a cantidad de sustancias inflamables que pueden encontrarse en los edificios aeroportuarios, como el queroseno que sirve de combustible para los aviones.

También debe tenerse en cuenta la adaptación de las aeronaves al cambio climático, por lo que deberán ser dotadas de adecuados sistemas de climatización y de protección frente a elementos como el agua del mar o el polvo, ya que una prolongada exposición a los mismos acelerará el envejecimiento de estos vehículos.

Finalmente, en cuanto al diseño de futuras infraestructuras, sería especialmente interesante el estudio de nuevos firmes más resistentes a las elevadas temperaturas esperadas, además de investigar formas

de tener una reserva de potencia eléctrica en caso de fallo del suministro, pues sin electricidad es imposible la realización de las habituales operaciones aeroportuarias.

d) Red portuaria

Para los Puertos del Estado, la principal variable climática a considerar es la subida del nivel del mar. Este crecimiento hará necesario que, en el caso de puertos de nueva construcción, tengan que sobredimensionarse diques y estructuras de contención para poder hacer frente a alturas de ola superiores, mientras que en el caso de puertos ya existentes será necesario el refuerzo o la sustitución de dichos elementos para que no se produzca el colapso de parte de la estructura. Por ello, sería interesante revisar las normas vigentes en cuanto a diseño de nuevas infraestructuras portuarias o reparación de las ya existentes, como son la ROM 1.0-09 y la ROM 0.0-01, de forma que se tengan en cuenta los efectos derivados del cambio climático sin que los costes de diseño resulten demasiado elevados.

Sobre la red portuaria también influyen los cambios en los regímenes de niebla y viento, variables sobre las que existe una gran incertidumbre, por lo que habrá que invertir en estudios y modelizaciones del comportamiento de las mismas para así poder establecer medidas eficaces de adaptación en este aspecto, evitando problemas causados por temporales o por falta de visibilidad.

No obstante, tanto puertos como aeropuertos tienen la particularidad de ser especialmente diferentes unos de otros debido a las diversas características del emplazamiento en que se encuentran, su diseño, su finalidad (pues no es lo mismo un puerto de mercancías que uno deportivo o que solo reciba cruceros de pasajeros), sus prestaciones... Por lo que será necesario un estudio particularizado de cada una de estas infraestructuras para analizar sus vulnerabilidades y así poder diseñar estrategias de adaptación que permitan reducir el riesgo asociado a los diferentes impactos climáticos que puedan darse en el futuro.

e) Consideraciones comunes para la totalidad de la red

Para los cuatro casos considerados anteriormente, los pasos fundamentales a la hora de diseñar unas medidas de adaptación eficaces serán:

- En el caso de infraestructuras ya existentes, identificar aquellos componentes cuyas necesidades de adaptación sean más urgentes y trabajar en ellos, realizando el correspondiente análisis coste-beneficio.
- Para infraestructuras de nueva construcción, tener en cuenta aquellos impactos potencialmente más dañinos desde la fase de diseño, de forma que durante su explotación pueda soportar unas condiciones climáticas más adversas que las que se dan actualmente.

Tal y como apunta el CEDEX (2013), en el caso de nuevas infraestructuras, aplicar criterios y requerimientos bioclimáticos durante el diseño de nuevos edificios como terminales aeroportuarias o estaciones de la red ferroviaria, de forma que puedan aprovecharse los posibles efectos positivos que se deriven del cambio climático en beneficio de la operatividad y la sostenibilidad de la red. Esto puede conseguirse mediante el uso de fachadas verdes, la implantación de sistemas que permitan recoger el agua de lluvias extremas y almacenarla para épocas de sequía, el uso de energías renovables...

También es recomendable la investigación de nuevos materiales como es el caso de ciertos firmes bituminosos particularmente resistentes a ciertas condiciones climatológicas adversas o polímeros que mejoran las condiciones de drenaje y absorción de agua de los edificios. El desarrollo de estos nuevos materiales requiere una inversión en I+D que actualmente no se contempla por muchos organismos y gestoras privadas de la red de transporte, algo que debería modificarse en un plazo de tiempo lo más corto posible si se quiere hacer posible la obtención de elementos de construcción

resilientes que alarguen la vida útil de las estructuras, de forma que también aumenten los beneficios de las empresas y entes que las gestionan.

Asimismo, debería invertirse en la innovación en procesos de construcción orientados a escenarios en los que la escasez de recursos hídricos sea protagonista, pues ciertas técnicas tradicionales como el curado del hormigón son susceptibles de no ser sostenibles en el futuro según la forma en la que evolucione el clima, por lo que será necesario adaptarlas a periodos más secos y con temperaturas más altas.

Finalmente, será necesario la implementación de un seguimiento de las medidas de adaptación llevadas a cabo, pues solo así se conocerá con certeza si están siendo eficaces o si por el contrario la afección del cambio climático sobre ciertas infraestructuras es más importante de lo que inicialmente se había previsto, lo que inevitable la puesta en marcha de nuevas medidas acordes a los impactos generados. Por ello, deberá evaluarse regularmente la situación de las infraestructuras en relación al cambio climático y la respuesta de las mismas, permitiendo una identificación prematura de aquellas vulnerabilidades que puedan poner en peligro la operatividad de la red y su correcto funcionamiento.

**4 PROPUESTA DE ALCANCE Y
CONTENIDO PARA UN
ESTUDIO AMBIENTAL
ESTRATÉGICO DE
PLANIFICACIÓN DE
INFRAESTRUCTURAS:
CARRETERAS.
CONSIDERACIÓN DE OLAS
DE CALOR, SEQUÍAS E
INUNDACIONES PLUVIALES
Y FLUVIALES**

A continuación se presenta una propuesta del alcance y contenido de un estudio ambiental estratégico para un plan o programa en el ámbito de las infraestructuras de la red troncal de transportes española, concretamente para el caso de nuevas carreteras o ampliación de las ya existentes. En esta propuesta se incluye como novedad fundamental la consideración del cambio climático en todos los puntos del estudio ambiental estratégico en los que se ha creído necesario, prestando especial atención a los fenómenos de temperaturas extremas, olas de calor, precipitaciones intensas y sequía, pues son los que mayor afección tendrán sobre dichas infraestructuras.

Para poder incluir la consideración de las potenciales consecuencias adversas del cambio climático sobre este tipo de planes y programas, se ha tomado como base el Anexo IV de la Ley 21/2013, que dispone la información que deberá contener el estudio ambiental estratégico previsto en el artículo 20, ampliándose el alcance de la misma en función de las necesidades de adaptación que surgen de las variaciones previstas en el clima como consecuencia del calentamiento global.

En esta propuesta se ha considerado fundamental incluir la consideración del Cambio Climático y de las estrategias de mitigación y adaptación no solo en el punto del contenido del Estudio Ambiental Estratégico que hace referencia explícitamente a estos conceptos (punto 7 del Anexo IV de la Ley 21/2013), sino también en el resto de puntos de dicho estudio, pues se entiende que este fenómeno es tan importante en la correcta planificación de una infraestructura civil que deben tenerse en cuenta todas sus dimensiones.

Se espera que el calentamiento global y los efectos derivados del mismo afecten a las infraestructuras desde que la creación el plan o programa en el que están incluidas hasta la conclusión de su fase de explotación, por lo que la consideración de dichos efectos (ya sean positivos o negativos) debe estar presente en todo momento, es decir, desde el punto en que se concretan los objetivos del plan o programa hasta el momento en el que la infraestructura es una realidad y ha de adaptarse a la variación de las condiciones climáticas a lo largo de toda su vida útil.

Por ello, se estima que es necesario contemplar el Cambio Climático en la Evaluación Ambiental Estratégica desde un enfoque holístico, incluyendo así las múltiples formas en las que los efectos derivados del calentamiento global pueden influir sobre las diversas consideraciones a tener presentes a la hora de realizar un Estudio Ambiental Estratégico de un plan o programa de planificación de infraestructuras civiles.

4.1. Propuesta de Alcance y Contenido de un EAE para el caso de carreteras

El alcance y contenido de un estudio ambiental estratégico para un plan o programa de infraestructuras pertenecientes a la red vial debería contener, como mínimo, la siguiente información.

1. «Un esbozo del contenido, objetivos principales del plan o programa y relaciones con otros planes y programas pertinentes.»

Es fundamental definir de forma clara la función de esta infraestructura y su finalidad, puesto que estas características también influyen en las medidas de mitigación o adaptación a diseñar. Por ello, el contenido y los objetivos del programa también deben enfocarse desde la perspectiva medioambiental, ya que de ellos dependerán, entre otros factores, las emisiones de GEI previstas durante la ejecución de la infraestructura y su posterior explotación (a las que irán ligadas las medidas de mitigación).

Además, también debe indicarse si este plan o programa forma parte de un conjunto de actuaciones o si tiene relación con alguna otra ya terminada, en marcha o de realización en el futuro, puesto que las infraestructuras de la red vial que estén enmarcadas dentro de una misma estrategia deberán cumplir una serie de requisitos comunes con la finalidad de que el conjunto final sea lo más homogéneo posible, facilitando así el transporte de pasajeros y mercancías. Esta relación con otros planes y

4. Propuesta de Alcance y Contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de Planificación de Infraestructuras: Carreteras. Consideración de olas de calor, sequías e inundaciones pluviales y fluviales.

programas también se extiende al ámbito medioambiental, ya que diferentes actuaciones emplazadas en zonas próximas entre sí probablemente tendrán que enfrentarse a condiciones climatológicas semejantes, por lo que también compartirán estrategias de mitigación y adaptación.

2. «Los aspectos relevantes de la situación actual del medio ambiente y su probable evolución en caso de no aplicación del plan o programa.»

Dentro de este apartado no solo debería incluirse un informe detallado sobre las condiciones actuales a escala medioambiental del emplazamiento considerado para la ejecución de la infraestructura, sino que también debería incluirse un análisis lo más exhaustivo posible acerca de la evolución prevista para las mismas, prestando atención a fenómenos extremos como olas de calor, precipitaciones intensas y sequías.

Esto se debe a que si solo se consideran las características actuales de la zona sin prestar atención a una posible transformación de las mismas, las posibilidades de adaptación para el nuevo plan o programa relativo a la red vial quedarían muy mermadas, aumentando demasiado el coste de la futura adaptación como para ser llevada a cabo cuando fuese necesario.

Por ello, es vital tener en cuenta las previsiones climatológicas llevadas a cabo por entidades como la Agencia Española de Meteorología (AEMET) basadas en los modelos climáticos desarrollados desde la puesta en marcha del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) en 2006, que permiten conocer con la máxima exactitud posible la manera en la que aumentará la frecuencia y la intensidad de todos los fenómenos extremos que puedan tener impactos negativos sobre la infraestructura, permitiendo así la inclusión de medidas de adaptación desde la etapa inicial de su diseño en todos los aspectos que así lo requieran: tipo de firme a escoger, necesidades de limpieza del mismo, refuerzo de taludes a emplear...

También debe considerarse la “alternativa cero”, es decir, la no ejecución del plan o programa y la forma en la que variarían las condiciones del emplazamiento elegido para el mismo en función de si finalmente se llevase a cabo o no. Esto permite ver de forma clara las consecuencias negativas que la nueva infraestructura puede tener sobre el medioambiente, existiendo la posibilidad de no construirla en caso de que los perjuicios que pueda suponer sean tan significativos como para no poder ser mitigados o reparados en ningún caso.

3. «Las características medioambientales de las zonas que puedan verse afectadas de manera significativa y su evolución teniendo en cuenta el cambio climático esperado en el plazo de vigencia del plan o programa.»

En este punto ha de prestarse especial atención a todas aquellas unidades ambientales existentes en el emplazamiento elegido para la puesta en marcha del plan o programa: taludes, ríos, montañas, laderas, zonas arboladas, vegetación... De forma que se valore exhaustivamente las consecuencias que pueda tener esta nueva parte de la red vial sobre las mismas y se puedan incluir las medidas de protección que sean necesarias para eliminar o al menos minimizar en la medida de lo posible dichas consecuencias si resultan ser negativas.

En este aspecto es importante considerar no solo la evolución de las características medioambientales de la zona considerando el cambio climático y los efectos derivados del mismo, sino que también deben tenerse en cuenta los posibles beneficios que puedan aportar las medidas de adaptación que se incorporen al plan o programa. Un ejemplo de ello sería plantear como medida de adaptación para una carretera el refuerzo de aquellos taludes que lo necesiten utilizando técnicas como la reforestación de los mismos. De esta forma, la ejecución de la infraestructura tendría efectos beneficiosos sobre el medioambiente ya que dicha reforestación supondría la presencia de un nuevo sumidero de CO₂ y ayudaría a preservar la morfología de la zona, algo que no podría asegurarse en

caso de que no se llevase a cabo dicha actuación (pues si los taludes no son reforzados, la evolución de la intensidad de las precipitaciones haría que sufrieran niveles de erosión tan altos que podrían terminar con el completo derrumbe de los mismos).

Normalmente los planes o programas relativos a infraestructuras pertenecientes a la red vial contemplan una vida útil bastante elevada siempre que se lleven a cabo las actividades de mantenimiento pertinentes en cada momento, por lo que es importante tener en cuenta la evolución de los fenómenos climáticos a medio-largo plazo, incluyéndose junto a estas previsiones todas aquellas medidas que sean necesarias para paliar los efectos negativos de los mismos y asegurar la estabilidad de la globalidad de la estructura a lo largo de toda su fase de explotación. Para ello, el plan o programa debería considerar cuáles son los fenómenos extremos más dañinos para cada elemento de la estructura y estudiar su evolución de acuerdo a los escenarios climáticos planteados por AEMET para los diversos horizontes considerados (2030, 2050, 2100). De esta forma, pueden programarse anticipadamente medidas de adaptación según la evolución esperada de las consecuencias del calentamiento global, permitiendo establecer prioridades entre unas medidas u otras para que todas vayan llevándose a cabo de manera escalonada y así nunca se tengan problemas de operatividad, pues se trabajaría de manera anticipada a todos aquellos efectos adversos que puedan causar un corte en el servicio.

Así, si se comprueba que a corto plazo los elementos más vulnerables pueden ser los firmes bituminosos debido al aumento de temperaturas pero a medio-largo plazo el aumento de las precipitaciones intensas provocaría problemas relacionados con los taludes o los estribos, pueden plantearse en primer lugar medidas de adaptación relacionadas con las temperaturas (como tratamientos superficiales que impidan la formación de roderas) y más adelante otras actuaciones enfocadas a la protección de taludes y obras de drenaje o defensa (como reforestaciones o cambios de pendiente en el caso de los taludes, o el refuerzo de actividades de mantenimiento y reparaciones en el caso de los estribos).

4. «Cualquier problema medioambiental existente que sea relevante para el plan o programa, incluyendo en particular los problemas relacionados con cualquier zona de especial importancia medioambiental, como las zonas designadas de conformidad con la legislación aplicable sobre espacios naturales y especies protegidas y los espacios protegidos de la Red Natura 2000.»

En este apartado deben incluirse todas aquellas particularidades medioambientales de la zona que deban tenerse en cuenta antes de la ejecución de cualquier tipo de obra en la misma, especialmente si una parte de la infraestructura afecta necesariamente a un espacio natural catalogado como Lugar de Interés Comunitario (LIC), Zona Especial de Conservación (ZEC) o Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA).

Dentro de las singularidades medioambientales del lugar seleccionado pueden encontrarse algunos tipos de fauna o de flora especialmente vulnerables (catalogados como protegidos en la mayoría de las ocasiones) que habiten en el emplazamiento seleccionado para el plan o programa, ya sea de manera continua o durante ciertas épocas del año, como sucede con las especies migratorias. En estos casos, debe disponerse de un estudio exhaustivo sobre las condiciones de vida de dichas especies por si la ejecución de la obra pudiese alterar alguno de sus biorritmos, en cuyo caso las obras deberían llevarse a cabo de forma que se asegurase que en ningún momento se verían afectadas las actividades vitales de dicha fauna o flora, pues la finalidad de todos los espacios protegidos es la de garantizar la supervivencia a largo plazo de las especies y hábitats más amenazados y de más valor dentro de la Unión Europea.

Para estas especies también es fundamental conocer las consecuencias que el desarrollo del calentamiento global pueda tener sobre las mismas, pues cambios en los patrones de temperaturas

4. Propuesta de Alcance y Contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de Planificación de Infraestructuras: Carreteras. Consideración de olas de calor, sequías e inundaciones pluviales y fluviales.

extremas o de precipitaciones también pueden suponer consecuencias nefastas para sus necesidades vitales. Por ello, debe estudiarse la posibilidad de que en el plan o programa se incluyan medidas que puedan tener de alguna forma efectos positivos para estas especies, de forma que se contrarresten los negativos derivados del cambio climático. De esta forma, algunas infraestructuras viales podrían incluir medidas como cruces para animales o pasos de fauna adecuadamente reforestados que no solo aumenten las posibilidades de supervivencia de dichas especies en relación al tráfico, sino que también aportan otros beneficios como mayores espacios de sombra y de descanso para la fauna, además de servir como nuevos puntos de crecimiento de las especies vegetales presentes en la zona. Así, además de favorecer las condiciones medioambientales en muchos aspectos, también se vería aumentada la estabilidad de ciertas partes de la infraestructura (como puentes o túneles), favoreciendo también una mejora de sus condiciones durante la fase de explotación.

5. «Los objetivos de protección medioambiental fijados en los ámbitos internacional, comunitario o nacional que guarden relación con el plan o programa y la manera en que tales objetivos y cualquier aspecto medioambiental se han tenido en cuenta durante su elaboración.»

Tal y como se ha visto en anteriores apartados, actualmente existen multitud de acuerdos a diversos niveles (mundiales, comunitarios, estatales e incluso locales) cuya finalidad es lograr frenar el calentamiento global evitando que la temperatura media terrestre aumente en más de 2°C respecto a la temperatura de la etapa preindustrial así como alcanzar el desarrollo sostenible, para lo que se plantean diversos objetivos a cumplir por los países que toman parte en estos acuerdos en diversos aspectos como el social, el económico o el medioambiental.

Este último está especialmente relacionado con la creación de nuevos planes o programas, pues estos deberán tener en cuenta todos los compromisos en esta materia que sean relevantes para los mismos y compartir sus objetivos, ayudando a cumplirlos en la medida de lo posible. De esta forma, todas aquellas actuaciones que se planteen en relación a la modificación de la red troncal de transportes española deben tener en cuenta las metas que se contemplen en todos los acuerdos en los que la zona seleccionada para llevar a cabo la obra tome parte como firmante, como por ejemplo el Acuerdo de París, el Pacto de los Alcaldes o las Hojas de Ruta 2050.

Todos estos compromisos buscan orientar la economía global hacia un modelo hipocarbónico más sostenible que el actual, apostando por energías renovables y por materiales reciclados o biodegradables cuya utilización no suponga grandes perjuicios para el medioambiente. Esto puede incluirse en los planes o programas relacionados con la red vial española, especialmente en el caso de carreteras de nueva creación, pues puede apostarse por técnicas y procesos de construcción que permitan reducir la cantidad de recursos naturales a utilizar, existiendo también la posibilidad de recurrir a nuevos firmes bituminosos que permitan una mejor adaptación a las condiciones ambientales actuales y futuras, favoreciendo una reducción del gasto en tareas de rehabilitación o restauración de los mismos. También puede optarse por firmes que incluyen materiales reciclados (fundamentalmente caucho proveniente de neumáticos desechados después de haber terminado su vida útil) o nuevas mezclas asfálticas como aquellas en las que se incluye dióxido de titanio (TiO₂), que permiten absorber gran cantidad de los gases de efecto invernadero que desprenden los vehículos que transitan sobre las carreteras diariamente.

Los planes o programas de infraestructuras viales también pueden ser sostenibles en materia de aprovechamiento de recursos hídricos, pues pueden desarrollarse nuevas medidas que permitan almacenar el agua de lluvia para labores de mantenimiento de las carreteras y la vegetación circundantes en periodos de sequías, y en materia de aprovechamiento energético, pues durante su fase de construcción puede optarse por energías limpias (eólica o solar fundamentalmente) en lugar de usar combustibles fósiles, haciendo que todo el proceso sea lo más ecológico y poco contaminante posible. En el aspecto energético podrá irse más allá en un futuro cercano y llegar a lograr que sean

las propias carreteras las que generen energía ya sea absorbiendo las radiaciones solares a las que están expuestas continuamente o aprovechando la energía cinética generada por el paso del tráfico para generar electricidad a partir de generadores piezoeléctricos.

En definitiva, existen múltiples formas de tener en cuenta el cambio climático en un plan o programa desde su fase de diseño y elección de materiales a utilizar hasta su fase de explotación. No obstante, todas las consideraciones que se tengan en cuenta en virtud de los múltiples acuerdos y compromisos existentes en materia de mitigación y adaptación al cambio climático deben estipularse detalladamente en el estudio ambiental estratégico, explicándose qué objetivos son los que se tienen en cuenta concretamente y cuáles son las medidas en materia de adaptación que ayudan a lograrlos, haciéndose referencia también a aquellos aspectos medioambientales que vayan a verse afectados positivamente por cada una de las medidas que vayan a ponerse en marcha.

6. «Los probables efectos significativos en el medio ambiente, incluidos aspectos como la biodiversidad, la población, la salud humana, la fauna, la flora, la tierra, el agua, el aire, los factores climáticos, su incidencia en el cambio climático, en particular una evaluación adecuada de la huella de carbono asociada al plan o programa, los bienes materiales, el patrimonio cultural, el paisaje y la interrelación entre estos factores. Estos efectos deben comprender los efectos secundarios, acumulativos, sinérgicos, a corto, medio y largo plazo, permanentes y temporales, positivos y negativos.»

En este punto del alcance y contenido de la evaluación ambiental estratégica, la Ley 21/2013 ya establece que deben tenerse en cuenta los “efectos significativos” que el plan o programa pueda tener tanto sobre los factores climáticos como sobre el cambio climático en sí, atendiendo especialmente a la huella de carbono asociada al plan o programa en cuestión.

De acuerdo a esta Ley, se define como efecto significativo “aquel que se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos”. Dentro de los mismos podemos tener efectos positivos o negativos, dependiendo esto en gran parte de las medidas de adaptación que formen parte del plan o programa para ser llevadas a cabo durante las diversas fases del mismo.

Por tanto, además de analizarse todos aquellos efectos que esta nueva actuación sobre la red vial estatal pueda tener sobre el medio ambiente en su totalidad, atendiendo a toda clase de factores (recursos hídricos, biodiversidad, población...), también deben estudiarse los efectos que potencialmente pueda tener sobre los factores climáticos y sobre la evolución de los mismos, además de tenerse en cuenta lo contrario, es decir, la incidencia que estos factores y su previsible evolución de acuerdo a los diversos escenarios climáticos pueda tener sobre la infraestructura en cuestión.

En cuanto a los efectos que la ejecución del plan o programa pueda tener sobre los factores climáticos y su evolución, es fundamental incluir la relación de medidas de adaptación propuestas y los efectos que supondría llevarlas a cabo, comprobándose que efectivamente son beneficiosas y no son la causa de los futuros cambios negativos de los patrones climáticos, sino que permiten que la infraestructura se adecue de manera satisfactoria a los mismos, permitiendo incluso lograr beneficios a partir de dichas modificaciones en el clima (por ejemplo, el aumento de temperaturas en la mayor parte del territorio español permitirá el empleo de mezclas drenantes en una mayor cantidad de zonas ya que se producirían menos nevadas y heladas, por lo que de un efecto climático a priori negativo podría obtenerse una consecuencia positiva en materia de adaptación, ya que los firmes drenantes presentan mejores condiciones a la hora de expulsar el agua de lluvia en episodios más intensos). Además de esto, como ya señala la Ley 21/2013, debe considerarse la huella de carbono generada por la infraestructura durante todas sus fases, procurándose siempre reducir esta en la medida de lo posible para afianzar la sostenibilidad del plan o programa. Esto puede lograrse mediante la adopción

4. Propuesta de Alcance y Contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de Planificación de Infraestructuras: Carreteras. Consideración de olas de calor, sequías e inundaciones pluviales y fluviales.

de procesos de construcción y explotación ecológicos como algunos de los mencionados anteriormente, o incluyendo en el estudio ambiental estratégico proyectos de compensación de las emisiones generadas, como la reforestación de una superficie arbolada de una extensión lo suficientemente grande como para ser capaz de ser un sumidero eficaz de las emisiones de gases de efecto invernadero que se produzcan durante la fase de explotación del vial.

7. «Las medidas previstas para prevenir, reducir y, en la medida de lo posible, compensar cualquier efecto negativo importante en el medio ambiente de la aplicación del plan o programa, incluyendo aquellas para mitigar su incidencia sobre el cambio climático y permitir su adaptación al mismo.»

En este apartado del Anexo IV de la Ley 21/2013 se hace referencia de forma explícita a los conceptos de mitigación y de adaptación, algo a lo que ninguna ley anterior había dado la suficiente relevancia. Por tanto, se insiste en la necesidad de incluir todas aquellas medidas relativas a ambos campos que pretendan ponerse en marcha dentro del plan o programa, detallando adecuadamente la forma de llevarlas a cabo y los efectos beneficiosos que tendrían para la propia infraestructura y sobre el medio ambiente, intentando incluir también iniciativas destinadas a reducir e incluso eliminar los posibles impactos negativos que la puesta en marcha de la obra civil en cuestión pueda tener sobre el emplazamiento seleccionado para la misma.

En el caso concreto de las actuaciones sobre la red vial, será fundamental incluir todas aquellas medidas de adaptación cuya finalidad sea la protección de las obras de tierra y de drenaje, que son las que se verán mayormente afectadas debido al aumento de las precipitaciones intensas. Por ello, deberán detallarse todas aquellas medidas relativas a la estabilización de taludes de cara al futuro (tales como reforestación de los mismos, retaluzado, escalonamiento, descabezamiento, uso de tacones o escolleras...) y de protección de infraestructuras de drenaje y otros elementos como muros de contención y estribos (como revisiones periódicas, sustitución regular de ciertos elementos en caso de que las inspecciones lo consideren necesario, refuerzo de los muros...) de manera que se asegure una correcta adaptación al cambio climático de estos elementos, concretando también los plazos en los que deben llevarse a cabo para que la estructura no pase a ser inoperativa en el futuro debido a una puesta en marcha tardía de estas medidas, o a que las mismas sean insuficientes.

También deberán tenerse presentes todas las actuaciones que puedan necesitar los firmes utilizados para su correcto funcionamiento durante toda la vida útil de la estructura (tratamientos superficiales con lechadas, fresado, riegos con gravilla, cepillado...) teniendo en cuenta que sobre los mismos afectan tanto las precipitaciones intensas e inundaciones como los fenómenos asociados al aumento de temperaturas, que pueden llegar a provocar en los mismos unas deflexiones lo suficientemente elevadas como para requerir la sustitución de una o varias de sus capas, suponiendo esto un elevado gasto económico y de recursos, además de generar más emisiones indeseadas. Además, en el capítulo de los firmes la elección de unos u otros también puede favorecer la mitigación de las emisiones que posteriormente generarán los vehículos que transiten por el vial, pues como ya se ha comentado anteriormente, actualmente existen tecnologías que permiten reducir la cantidad de GEIs generados y aprovechar materiales reciclados (como neumáticos o mezclas bituminosas).

Finalmente, también debe atenderse a otros elementos de la infraestructura tales como la señalética, las obras de balizamiento y defensa o la vegetación circundante, pues todos estos componentes también se verán deteriorados por el aumento de episodios extremos tanto de lluvias como de temperaturas y necesitarán ser inspeccionados y convenientemente reparados o incluso sustituidos al cabo de un tiempo, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de la carretera en todos sus aspectos y por tanto afianzar la seguridad de sus usuarios y la eficiencia en la conducción.

8. «Un resumen de los motivos de la selección de las alternativas contempladas y una descripción de la manera en que se realizó la evaluación, incluidas las dificultades, como deficiencias técnicas o falta de conocimientos y experiencia que pudieran haberse encontrado a la hora de recabar la información requerida.»

En este punto la consideración del cambio climático debe hacerse a la hora de seleccionar la alternativa más favorable (en caso de que hubiese varias) desde el punto de vista medioambiental no solo por las afecciones que cada una de ellas pudieran tener sobre el medio ambiente, sino por las previsible consecuencias que el cambio climático tendría sobre cada una de ellas. Por tanto, si existiese la posibilidad de elegir entre más de una alternativa, habría que estudiar el potencial de adaptación de cada una de ellas en todos los ámbitos de la infraestructura ya mencionados (taludes, firmes, obras de tierra, drenaje, señalética...) así como las posibilidades de mitigación que puedan ofrecer, de manera que se valore cada alternativa en su conjunto para poder decidir cuál de ellas es finalmente la más apropiada de acuerdo a las necesidades de la infraestructura y de la zona en la que va a emplazarse.

La evaluación de cada alternativa así como su comparación con el resto debe llevarse a cabo de acuerdo a los mismos criterios y siempre buscando la solución más satisfactoria tanto a corto plazo como a medio-largo plazo, de manera que se consideren no solo las condiciones medioambientales actuales sino aquellas que los escenarios climáticos prevén para el futuro.

También deberán enumerarse las posibles dificultades a las que cada alternativa deba hacer frente para lograr una correcta adaptación al cambio climático de forma que la decisión entre las diversas opciones pueda llevarse a cabo con la mayor cantidad de información posible. Por esto mismo también debe hacerse referencia a toda aquella información necesaria que por cualquier motivo no haya podido ser correctamente obtenida, comentando el motivo por el que ha sido imposible obtenerla. En el caso del cambio climático, la incertidumbre que aún existe en la evolución de ciertos factores como el viento o la niebla puede hacer que ciertas indagaciones relevantes para la elección de una u otra alternativa sean muy complejas o incluso no puedan obtenerse datos concluyentes, pues aún no se cuenta con los conocimientos necesarios para predecir el comportamiento de estos fenómenos a corto-largo plazo.

No obstante, en el caso de infraestructuras viales los fenómenos que deben tenerse principalmente en consideración son aquellos relacionados con las temperaturas, las precipitaciones y las inundaciones, y aunque estas variables climáticas no están exentas de incertidumbre, actualmente se dispone de gran cantidad de información sobre las mismas y esta se actualiza y completa continuamente, por lo que al respecto de elegir entre unas u otras alternativas de acuerdo a las consecuencias que el calentamiento global pueda tener sobre las mismas, puede considerarse que se dispone de una base lo suficientemente sólida que debe implementarse en la evaluación de las diversas opciones si se quiere tener en cuenta el cambio climático como uno de los factores fundamentales en el Estudio Ambiental Estratégico de un plan o programa.

9. «Un programa de vigilancia ambiental en el que se describan las medidas previstas para el seguimiento.»

El programa de vigilancia ambiental y seguimiento busca detectar desviaciones que se produzcan respecto a lo proyectado en el proyecto de construcción para poder corregirlas, además de supervisar que todas las medidas ambientales propuestas se lleven a cabo de manera correcta, garantizando que la respuesta de los elementos ambientales que se vean especialmente afectados por la obra civil sea positiva.

En este punto es fundamental incluir la consideración de los futuros efectos del cambio climático sobre la estructura, pues las condiciones ambientales que rodean a la infraestructura cambiarán en

4. Propuesta de Alcance y Contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de Planificación de Infraestructuras: Carreteras. Consideración de olas de calor, sequías e inundaciones pluviales y fluviales.

función de la manera en la que lo haga el clima. Por ello, no solo deben tenerse en cuenta únicamente las medidas correctoras compensatorias de efectos negativos que el plan o programa pueda tener sobre el medio ambiente como se hace actualmente, sino que también será necesario garantizar el cumplimiento de todas aquellas medidas de mitigación y adaptación al cambio climático que se consideren necesarias desde la fase de diseño, vigilándose también que se lleven a cabo en los plazos necesarios para lograr una correcta adaptación de la infraestructura a todos los efectos adversos que pueda sufrir como consecuencia del calentamiento global.

Las medidas de adaptación deberán tenerse en cuenta desde la fase de construcción, es decir, desde que se inicia el programa de vigilancia ambiental. El hecho de prever la necesidad de estas actuaciones y asegurar la correcta puesta en marcha de las mismas facilitará enormemente la futura adaptación de la infraestructura al aumento previsto de los fenómenos extremos ya mencionados anteriormente, abaratando los costes de la misma y permitiendo también que sea más sencilla llevarla a cabo cuando sea necesario. Durante esta fase también deben llevarse a cabo la mayor parte de las medidas de mitigación propuestas, pues es en la fase de construcción en la que se puede intentar reducir las emisiones provocadas por las diversas obras necesarias escogiendo técnicas y materiales más sostenibles que los utilizados tradicionalmente.

Posteriormente a la vigilancia ambiental, es en la fase de seguimiento cuando se valorará que efectivamente las medidas inicialmente sugeridas están siendo lo suficientemente eficaces para lograr la correcta adaptación de la estructura a todas las consecuencias negativas que se previeron en la fase de diseño del plan o programa. En el caso de que estas medidas fuesen insuficientes o inadecuadas para las diversas amenazas climáticas a las que la estructura tuviera que hacer frente, en esta fase de seguimiento debe existir la posibilidad de incorporar nuevas medidas o modificar las existentes siempre que sea posible, de forma que se logre el objetivo final de adaptar adecuadamente la parte de la red vial considerada para que pueda seguir siendo operativa pese a las altas temperaturas, las precipitaciones intensas y las inundaciones pluviales o fluviales.

Además, la fase de seguimiento también es un instrumento que permite valorar la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad, por lo que si durante la fase de explotación la infraestructura fuese causante de algún efecto negativo inesperado sobre el medioambiente, debe existir la posibilidad de introducir nuevas medidas que permitan mitigar o eliminar estos efectos, garantizando la sostenibilidad inicialmente prevista para la obra civil en cuestión.

En cuanto a la extensión temporal de la fase de seguimiento ambiental, esta estará justificada en base a la relevancia ambiental de los efectos adversos previstos, entre los que deberían considerarse no solo aquellos que la infraestructura pueda tener sobre el medioambiente, sino aquellos que puedan derivarse de cambios bruscos o inesperados en los patrones de comportamiento climáticos. Es por esto que la fase de seguimiento debería comprender gran parte de la vida útil de la estructura, de manera que pueda revisarse periódicamente la eficacia de las actuaciones propuestas en materia de adaptación y la forma en la que interactúan la infraestructura y la zona en la que se encuentra, permitiendo introducir modificaciones y mejoras en caso de que el desarrollo de las medidas previstas en la fase de diseño y de construcción no estén ofreciendo los resultados deseados.

10. «Un resumen de carácter no técnico de la información facilitada en virtud de los epígrafes precedentes.»

Con este último punto se busca obtener un escrito que pueda ser incluido dentro de la documentación sometida a información pública, de manera que todas aquellas personas interesadas puedan conocer los aspectos más importantes del plan o programa para así pronunciarse en un plazo de cuarenta y cinco días hábiles desde la recepción de dicho documento.

Como dentro de este documento de sinopsis debe incluirse información relativa a todos los puntos

anteriores, es evidente que deben incorporarse también aspectos relacionados con el cambio climático y la adaptación de la infraestructura al mismo, de forma que todas las personas interesadas puedan conocer los motivos por los que se han seleccionado una u otra alternativa y por los que se decide poner en marcha unas u otras medidas de adaptación, incluyendo aspectos tales como las características ambientales actuales y su evolución futura, las principales amenazas a tener en cuenta, los efectos que la actividad pueda tener sobre el medioambiente, los posibles beneficios que la estructura pueda suponer...

En definitiva, esta sinopsis también debe incluir toda la información relevante a nivel medioambiental, por lo que necesariamente ha de hacerse mención al cambio climático y a todas las iniciativas que deban ponerse en marcha para prolongar la vida útil de la infraestructura y lograr que los efectos negativos del cambio climático hagan en ella la menor mella posible.

4.2. Resumen de las propuestas a incluir en la Evaluación Ambiental Estratégica de infraestructuras viales

Como se desprende de los epígrafes del Anexo IV de la Ley 21/2013, el cambio climático ya comienza a ser tenido en cuenta, mencionando incluso los conceptos de mitigación y adaptación. Esto supone un gran avance respecto al resto de leyes en materia de Evaluación Ambiental existentes en España anteriormente y constituye una base sobre la que crear una legislación más sólida y completa que tenga en cuenta el Cambio Climático y los efectos derivados del mismo, de manera que sea obligatorio contemplar iniciativas de adaptación eficaces que consigan que la infraestructura no sufra problemas de inoperatividad causados por fenómenos extremos como temperaturas extremas, olas de calor, precipitaciones intensas, episodios de sequía o inundaciones pluviales y fluviales.

Por ello, para completar el alcance y contenido que debería tener un Estudio Ambiental Estratégico de un plan o programa relativo a una infraestructura de la red vial española, se han sugerido las siguientes propuestas:

- No solo deben tenerse en cuenta las condiciones medioambientales actuales sino que también debe incluirse un estudio lo más detallado posible de la manera en la que las mismas evolucionarán de acuerdo a los escenarios climáticos generados por AEMET, de manera que se tenga una idea lo más acertada posible de los fenómenos climatológicos a los que la infraestructura tendrá que hacer frente a lo largo de toda su vida útil.
- La evolución prevista de las variables climáticas debería tenerse en cuenta para todas las alternativas existentes incluyendo la “alternativa cero” (es decir, la no ejecución del plan o programa), de manera que puedan conocerse los potenciales beneficios y perjuicios que pueda tener cada una de ellas sobre las diversas unidades medioambientales existentes en la(s) zona(s) considerada(s) para llevar a cabo la actividad.
- Deben incluirse en los planes o programas la mayor cantidad de medidas posible de acuerdo a los diversos compromisos en materia de mitigación y adaptación vigentes en el emplazamiento elegido para llevar a cabo la construcción y posterior explotación de la infraestructura. Estas medidas son cada vez más numerosas debido a los avances científicos y tecnológicos, y abarcan desde la selección de materiales en la fase de diseño hasta el uso de técnicas menos contaminantes en la fase de construcción o la adopción de pautas que hagan más sostenible la fase de explotación.
- Han de detallarse las medidas de mitigación y adaptación a tener en cuenta para cada uno de los elementos de la infraestructura (taludes, obras de tierra, firmes, obras de defensa, señalética...) en función de las vulnerabilidades que presenten cada uno de estos

4. Propuesta de Alcance y Contenido para un Estudio Ambiental Estratégico de Planificación de Infraestructuras: Carreteras. Consideración de olas de calor, sequías e inundaciones pluviales y fluviales.

componentes según la evolución esperada de las condiciones ambientales presentes en el emplazamiento del plan o programa. Además, deben detallarse los plazos de ejecución de dichas medidas, de forma que la adaptación de la infraestructura pueda realizarse de manera paulatina y acorde a la forma en la que cambien las variables climáticas, facilitándose así el proceso y abaratándose los costes del mismo.

- No deben tenerse en cuenta únicamente los efectos significativos que la ejecución del plan o programa pueda tener sobre el medioambiente, sino que también se deben considerar los efectos que las condiciones ambientales actuales y futuras tendrán sobre el mismo, de manera que puedan diseñarse estrategias de adaptación de acuerdo a las diversas amenazas a las que la infraestructura tenga que hacer frente durante toda su vida útil, teniendo así en cuenta el medio-largo plazo.
- Los potenciales efectos negativos que el cambio climático pueda tener sobre el plan o programa han de considerarse en todas las alternativas previstas (en caso de que exista más de una) para que puedan identificarse aquellas con mayor o menor potencial de adaptación, de manera que esto también pueda tenerse en cuenta a la hora de hacer la elección final.
- En los programas de vigilancia ambiental y seguimiento no solo deben incluirse las medidas correctoras compensatorias de los efectos negativos que la ejecución de la actividad pueda tener sobre el medioambiente, sino que deben incorporarse las medidas de mitigación y adaptación de manera que pueda verificarse que están siendo llevadas a cabo de manera efectiva y acorde a lo estipulado en la fase de diseño del plan o programa desde la fase de obras (programa de vigilancia ambiental), comprobándose posteriormente que estas medidas efectivamente están siendo eficaces y sirven para cumplir los objetivos buscados desde el diseño de la infraestructura (programa de seguimiento).
- Todo lo anterior ha de incluirse de manera resumida en el documento de carácter no técnico que se somete a información pública, de forma que todas las personas interesadas conozcan la relación del cambio climático y los efectos derivados del mismo con las medidas que se adopten para combatirlo, sirviendo esto también para que los conceptos de mitigación y adaptación no sean utilizados únicamente en el ámbito de organismos y expertos en materia medioambiental, sino que comiencen a ser llevados “a la calle” tal y como se proponía en la V Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles, de manera que la sociedad tome conciencia de la importancia del cambio climático y de la necesidad de adaptarse a sus efectos adversos en todos los ámbitos en los que sea necesario.

5 CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones finales

A lo largo de este trabajo se ha pretendido conocer la manera en la que actualmente los múltiples gobiernos y organismos existentes a diversas escalas (global, comunitaria, regional, local...) afrontan la lucha contra el Cambio Climático y los efectos indeseados derivados del mismo sobre las infraestructuras civiles. Con esta información lo que se buscaba era poder diseñar una propuesta de actualización del alcance y contenido del Estudio Ambiental Estratégico necesario para la Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas recogido en la Ley 21/2013, de forma que se tuvieran en cuenta las necesidades de adaptación de este tipo de infraestructuras, particularizando para el caso de actuaciones sobre la red vial de transporte.

Fruto de toda la investigación relativa a este respecto, se han obtenido las siguientes conclusiones.

1. La problemática respecto al Cambio Climático y sus consecuencias es una realidad patente en todos los ámbitos de la sociedad. Los efectos negativos del calentamiento global comienzan a notarse de forma cada vez más evidente en ámbitos tan importantes como la salud humana, la biodiversidad, la economía y los edificios e infraestructuras civiles.
2. Este problema está fundamentalmente causado por las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), entre los que destaca el CO₂. Estas emisiones son provocadas por la actividad humana, alcanzándose hasta concentraciones de este tipo de gases de casi el doble de las existentes en la era preindustrial. Esto provoca un aumento de la temperatura que desencadena consecuencias tales como el deshielo de los polos, el aumento del nivel del mar, las olas de calor, los eventos de precipitaciones intensas y los episodios de sequía.
3. De acuerdo a los expertos del IPCC, el nivel de concentración actual de gases efecto invernadero en la atmósfera es tal que ni las previsiones más optimistas de reducción de las emisiones futuras lograrían detener la evolución del cambio climático y de sus efectos negativos. Por ello, se concluye que no basta con estrategias de mitigación, sino que también hay que tener en cuenta el concepto de adaptación, algo que en la Unión Europea ha comenzado a desarrollarse de forma tardía y muy teórica, existiendo pocos ejemplos en los que estas técnicas se hayan llevado a la práctica realmente.
4. Los conceptos de mitigación y adaptación están íntimamente relacionados entre sí, pues mientras que la mitigación se centra en reducir las emisiones de GEI a través de acuerdos a escala mundial, la adaptación trata de aclimatar los diferentes ámbitos de la sociedad a las variaciones climáticas que ya no pueden evitarse. Como estos efectos son distintos según la región en la que nos encontremos, la adaptación trabaja a escala local, tratando de hacer frente a las amenazas a las que las diversas regiones existentes sean especialmente vulnerables. Por ello, las estrategias de mitigación y adaptación deben contemplarse de forma conjunta, pues la eficacia de la adaptación será mayor cuanto más éxito tengan los acuerdos en materia de mitigación.
5. Además del sector industrial y del resto de actividades sujetas al Comercio de Derechos de Emisión de GEI de la Unión Europea, existen varios sectores que, sin ser tan intensivos en el consumo de energía como los otros, también constituyen una importante fuente de gases efecto invernadero. Estos son los denominados sectores difusos, entre los que se encuentran el residencial, el transporte o el agrícola y ganadero. Dichos sectores constituyen más de la mitad de las emisiones de GEI de los países europeos, por lo que existe la necesidad de establecer medidas que hagan que estos sectores trabajen de forma más sostenible y reduzcan también sus emisiones.
6. Para lograr disminuir la cantidad de gases efecto invernadero liberados a la atmósfera y así impedir que la temperatura media terrestre llegase a alcanzar cotas muy superiores a las de la era preindustrial, comienzan a establecerse diversos compromisos en materia de mitigación a los que posteriormente se sumarían iniciativas de adaptación, al entenderse que los esfuerzos en reducir la concentración de GEI en la atmósfera no estaban siendo lo suficientemente eficaces para impedir por

completo las consecuencias del cambio climático previstas por el IPCC desde su primer informe en 1990. Dentro de estos acuerdos destacan algunos tan emblemáticos como el Protocolo de Kioto, el Acuerdo de París o el Pacto Mundial de los Alcaldes para el Clima y la Energía, que plantean objetivos ambiciosos tanto en materia de mitigación como de adaptación con el fin de lograr el desarrollo sostenible y combatir el cambio climático.

7. Tanto en la Unión Europea como en España existe cierta reglamentación en materia de mitigación y adaptación, destacando las diversas directivas comunitarias puestas en marcha para frenar las emisiones de los sectores difusos y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático puesto en marcha en España en 2006, cuyo objetivo es lograr integrar medidas de adaptación al cambio climático basándose en toda la información disponible sobre las condiciones medioambientales y la forma en la que estas evolucionarían de acuerdo a las diversas posibilidades existentes. No obstante, debe seguir trabajándose tanto a nivel comunitario como nacional y local, de forma que se logren leyes más contundentes en materia de cambio climático y de adaptación al mismo.

8. En cuanto a planes y programas de infraestructuras, la Evaluación Ambiental Estratégica es el instrumento que permite proteger el medio ambiente en el entorno en el que se quiere desarrollar la actividad. Este proceso permite considerar todos los impactos ambientales que el plan o programa pueda tener sobre el medio en el que va a emplazarse, de manera que pueda decidirse si llevarlo a cabo es sostenible tanto medioambiental como económicamente, además de facilitar la incorporación de criterios de sostenibilidad. No obstante, la EAE aún no tiene en cuenta de forma suficientemente contundente el cambio climático y las iniciativas de mitigación y adaptación al mismo, si bien la Ley 21/2013 comienza a sentar las bases para que estos conceptos comiencen a ser realmente tenidos en cuenta a lo largo de todo el procedimiento.

9. Dentro de las infraestructuras civiles en España, resulta especialmente importante la consideración del cambio climático en la red troncal de transporte estatal. Dicha red está compuesta por el conjunto de las redes vial, ferroviaria, aeroportuaria y portuaria, cada una de las cuales presenta distintas vulnerabilidades en relación a las diversas variables climáticas existentes. Para analizar estas vulnerabilidades con más detalle es necesario considerar los escenarios climáticos desarrollados por AEMET, que permiten conocer de manera aproximada la forma en la que el clima evolucionará según la manera en la que se espera que evolucionen las emisiones de GEI a medio plazo.

10. De los diversos escenarios considerados se concluye que las principales variables climáticas a tener en cuenta debido a su previsible evolución son el aumento de temperaturas (y de fenómenos extremos como ola de calor), el incremento de precipitaciones intensas, los episodios de sequía y las inundaciones pluviales y fluviales. Se escogen estas variables ya que son las que con mayor probabilidad causarán impactos sobre los diversos componentes de la red, por lo que será necesario tenerlos en cuenta desde la fase de diseño de las infraestructuras.

11. Los impactos provocados por estas variables climáticas dependerán de si estamos ante una infraestructura de nueva construcción o ante una ya existente, pues siempre será más fácil incluir medidas de adaptación desde la fase de planificación y diseño de la infraestructura. Los impactos a considerar pueden afectar a cada uno de los distintos componentes de cada red, por lo que es imprescindible tenerlos todos en cuenta para que la infraestructura no deje de ser operativa en ningún momento.

12. De los impactos previstos y de sus consecuencias surge la necesidad de plantear posibles medidas de adaptación para cada una de las cuatro subredes que componen la red troncal de transportes española, de manera que se minimice en la medida de lo posible la afección que el cambio climático pueda tener sobre la misma. Para las cuatro subredes destaca la necesidad de identificar qué componentes de cada infraestructura son especialmente vulnerables, de manera que se pueda trabajar en ellos prioritariamente. Además, en el caso de infraestructuras de nueva construcción, se incide en la necesidad de estudiar la posibilidad de incluir materiales y técnicas novedosas que permitan crear

infraestructuras más resilientes y sostenibles, que favorezcan la reducción de emisiones y tengan un mayor potencial de adaptación.

13. De todo lo anterior se concluye la necesidad de incluir la consideración del cambio climático en la Evaluación Ambiental Estratégica de planes y programas relativos a infraestructuras civiles en España. Por ello, se presenta una propuesta de Alcance y Contenido de un Estudio Ambiental Estratégico particularizando para el caso de carreteras, de forma que se tengan en cuenta las necesidades de adaptación tanto de las nuevas infraestructuras como de aquellas que ya forman parte de la red vial.

14. Teniendo en cuenta la consideración del cambio climático actualmente contenida en la Ley 21/2013, se considera que no solo deben tenerse en cuenta las condiciones medioambientales actuales de la zona en la que se quiere emplazar la infraestructura, sino que también debe estudiarse la forma en la que estas evolucionarán de acuerdo a los diversos escenarios climáticos disponibles. De esta manera, se podrá prever la forma en la que las variables climatológicas afectarán a la infraestructura a lo largo de su vida útil, permitiendo esto una selección más apropiada de las medidas de mitigación y adaptación a incluir en el plan o programa.

15. La consideración de la adaptación en el proceso de evaluación ambiental estratégica de planes y programas relativos a infraestructuras civiles en España debe ser un proceso continuo que permita conocer si las medidas puestas en marcha están siendo eficientes o si por el contrario deben introducirse algunas modificaciones o mejoras que impidan que se den episodios de inoperatividad en la red. Por ello, la mitigación y la adaptación al cambio climático deben ser incluidas en los programas de vigilancia y seguimiento ambiental de los planes y programas, de manera que se verifique la correcta respuesta de la infraestructura y del entorno que la rodea a las diversas medidas planteadas.

Idéntica consideración será necesaria para la Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, debiendo incorporar la dimensión del Cambio Climático en el correspondiente Estudio de Impacto Ambiental.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

A

ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias). 2017. Infraestructuras y Estaciones: Líneas Convencionales. Disponible en: http://www.adif.es/es_ES/infraestructuras/lineas_convencionales/lineas_convencionales.shtml (fecha de consulta: 24/05/2018)

ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias). 2017. Infraestructuras y Estaciones: Líneas de Alta Velocidad. Disponible en: http://www.adifaltavelocidad.es/es_ES/infraestructuras/lineas_de_alta_velocidad/lineas_de_alta_velocidad.shtml (fecha de consulta: 24/05/2018)

AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente). 2008. Portal web. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es> (fecha de consulta: 12/02/2018)

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 2016. Portal web: Proyecciones climáticas para el siglo XXI Regionalización AR4-IPCC. Gráficos. Mapas de proyecciones. Regionalización estadística análogos. Península y Baleares. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos?opc6=1

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 2018. Portal web: Superación de umbrales. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/superacion_umbrales (fecha de consulta: 21/07/2018)

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 2018a. Portal web: Valores extremos. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/efemerides_extremos (fecha de consulta: 21/07/2018)

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 2018b. Portal web: Datos climatológicos. Sevilla Aeropuerto. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos> (fecha de consulta: 21/07/2018)

AEMET (Agencia Estatal de Meteorología). 2018c. Portal web: Proyecciones climáticas para el siglo XXI. Gráficos. Regionalización AR5-IPCC. Regionalización AR5-IPCC. Mapas de proyecciones. Regionalización estadística análogos. Península y Baleares. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/cambio_climat/result_graficos?opc6=0&opc4=1&opc1=Espan (fecha de consulta: 23/07/2018)

AENA (Agencia Española de Navegación Aérea). 2018. Portal web: Estadísticas de tráfico aéreo. Disponible en: <http://www.aena.es/csee/Satellite?pagename=Estadisticas/Home> (fecha de consulta: 26/05/2018)

Aguado *et al.* 2007. La Agenda 21 Local en España. *Ekonomiaz: Revista vasca de economía*. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2350127> (fecha de consulta: 03/08/2018)

Ayuntamiento de Sevilla. 2017. Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenibles. PACES de Sevilla. 23 de Diciembre de 2017. Informe Final. Plan de Adaptación. (fecha de consulta: 15/02/2018)

C

CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). 2012. La consideración del cambio climático en la evaluación ambiental de planes y programas - Aplicación al caso de planes y programas de infraestructuras de transporte. (fecha de consulta: 15/05/2018)

CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas). 2013. Necesidades de

adaptación al cambio climático de la red troncal de infraestructuras de transporte en España (fecha de consulta: 06/08/2018)

COP (Conferencia de las Partes). 2018. COP23 Bonn-Fiji. Portal web. Disponible en: <https://cop23.com.fj/> (fecha de consulta: 15/08/2018)

Comisión de las Comunidades Europeas. 2007. Libro Verde. Adaptación al Cambio Climático en Europa. Opciones para la Acción en la Unión Europea. COM (2007). 29 de junio de 2007. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0354&from=ES> (fecha de consulta: 19/08/2018)

Comisión de las Comunidades Europeas. 2009. Libro Blanco. La Adaptación al Cambio Climático: Hacia un Marco Europeo de Actuación, COM (2009). 1 de abril de 2009. Disponible en: [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2009\)0147_/com_com\(2009\)0147_es.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2009)0147_/com_com(2009)0147_es.pdf) (fecha de consulta: 19/08/2018)

Compromisos de Aalborg+. 2004. Disponible en: http://www.ccre.org/img/uploads/piecesjointe/filename/aalborg_commitments_2005_es.pdf (fecha de consulta: 15/08/2018)

D

Directiva 96/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1996, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.

Directiva 2001/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.

Directiva 2001/80/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 23 de octubre de 2001, sobre limitación de emisiones a la atmósfera de determinados agentes contaminantes procedentes de grandes instalaciones de combustión.

Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003, por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad y por la que se modifica la Directiva 96/61/CE del Consejo.

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero de 2008, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.

Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE y se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE.

G

Gobierno de España. 2009. Segundo Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático. Oficina española de Cambio Climático, Secretaría de Estado para el Cambio Climático y Ministerio de Medio Ambiente y medio rural y marino. Disponible en:

http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/1_prog_trabajo_tcm7-197101.pdf (fecha de consulta: 03/08/2017).

Gobierno de España. 2010. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables (PANER) 2011-2020. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio e IDEA. Disponible en: http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Documents/20100630_PANER_Espanaversion_final.pdf (fecha de consulta: 04/08/2018)

Gobierno de España. 2011. Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 (2º Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética de España). Ministerio de Industria, Turismo y Comercio e IDEA. Disponible en: http://www.minetad.gob.es/energia/es-ES/Novedades/Documents/PAAEE2011_2020.pdf (fecha de consulta: 04/08/2018)

Gobierno de España. 2014. Tercer Programa de Trabajo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Marco para la coordinación entre administraciones públicas para las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático. Oficina española de Cambio Climático, Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3PT-PNACC-enero-2014_tcm7-316456.pdf (fecha de consulta: 03/08/2018)

J

Junta de Andalucía. 2007. Portal web: Proyecto ADAPTA CLIMA II: Adaptación a los efectos derivados del Cambio Climático, 2012-2014. Conserjería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=5cd4d9807281b310VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=9970c4f9d8a26310VgnVCM2000000624e50aRCRD> (fecha de consulta: 12/02/2018)

Junta de Andalucía. 2011. Plan Andaluz de Acción por el Clima: Programa de Adaptación (2011). Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/clima/cambio_climatico/programa_adaptacion.pdf (fecha de consulta: 15/02/2018)

I

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 1990. Resumen General del Primer Informe de Evaluación del IPCC. Disponible en: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml (fecha de consulta: 21/02/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 1995. Segunda Evaluación. Cambio Climático 1995. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-sp.pdf> (fecha de consulta: 21/02/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 1997. Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/paper-II-sp.pdf> (fecha de consulta: 09/04/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 2000. Informe Especial Del IPCC: Escenarios de Emisiones. Resumen para responsables de políticas. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf> (fecha de consulta: 09/04/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 2001. Tercer Informe de Síntesis. Cambio

Climático 2001. Resúmenes de los Grupos de trabajo. Disponible en:

http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml (fecha de consulta: 16/03/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 2007. Cuarto Informe de Síntesis. Cambio Climático 2007. Disponible en: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml (fecha de consulta: 18/03/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 2012. Informe Especial sobre la Gestión de los Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Extremos y Desastres para Mejorar la Adaptación al Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas. Disponible en: https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf (fecha de consulta: 24/03/2018)

IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático). 2014. Quinto Informe de Evaluación. Informe de Síntesis. Resumen para responsables de políticas. Cambio Climático 2014. Disponible en: http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml (fecha de consulta: 20/03/2018)

L

Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-7677> (fecha de consulta: 16/07/2018)

Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental. Disponible en:

<http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/ley-21-2013-de-9-diciembre/> (fecha de consulta: 15/08/2018)

M

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente). 2017. Portal web: Cambio Climático. Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/> (fecha de consulta: 10/02/2018)

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente). 2018. Portal web: Sectores Difusos. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx> (fecha de consulta: 22/07/2018)

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente). 2018a. Portal web: Protocolo de Kioto. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx> (fecha de consulta: 12/08/2018)

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente). 2018b. Portal web: Resultados de la COP21. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/resultados-cop-21-paris/default.aspx> (fecha de consulta: 12/08/2018)

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente). 2018c. Portal web: Marco 2030 y Hojas de Ruta 2050. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contr-el-cambio-climatico/la-union-europea/> (fecha de consulta: 14/08/2018)

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente). 2018d. Portal web: Plan nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC). Disponible en: <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/plan-nacional-adaptacion-cambio-climatico/default.aspx> (fecha de consulta: 17/08/2018).

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiental). 2018e. Portal web: Estrategia Española de Movilidad Sostenible. Disponible en: https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/estrategia_esp_movilidad.aspx (fecha de consulta: 17/08/2018)

MAPAMA (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiental). 2018f. Portal web: Planes y Programas. Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/planes-y-estrategias/Planes-y-Programas.aspx> (fecha de consulta: 19/07/2018)

Ministerio de Fomento. 2016. Portal web: Catálogo y evolución de la red de carreteras. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/carreteras/catalogo-y-evolucion-de-la-red-de-carreteras> (fecha de consulta: 26/05/2018)

Ministerio de Fomento. 2017. Portal web: Aeropuertos y Aeródromos. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/areas-de-actividad/aviacion-civil/legislacion-del-sector-aereo/normativa-basica-del-sector-aereo-estructura/aeropuertos-y-aerodromos/disposiciones-sobre-aeropuertos-y-aerodromos> (fecha de consulta: 26/05/2018)

Ministerio de Fomento. 2018. Portal web: Transporte Marítimo. Disponible en: <https://www.fomento.gob.es/informacion-para-el-ciudadano/informacion-estadistica/transporte/transporte-maritimo> (fecha de consulta: 27/05/2018)

O

Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero, por la que se aprueba la norma 5.2 - IC drenaje superficial de la Instrucción de Carreteras. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2016/03/10/pdfs/BOE-A-2016-2405.pdf> (fecha de consulta: 17/08/2018)

P

Pacto de los Alcaldes por la Energía y el Clima. 2018. Portal web. Disponible en: <https://www.pactodelosalcaldes.eu/es/> (fecha de consulta: 15/08/2018)

Pérez, B. 2015. La Adaptación al Cambio Climático en la Unión Europea: Límites y Potencialidades de una Política Multinivel. Revista Electrónica de Estudios Internacionales. Disponible en: <http://www.reei.org/index.php/revista/num29/notas/adaptacion-al-cambio-climatico-union-europea-limites-potencialidades-una-politica-multinivel> (fecha de consulta: 15/02/2018)

Plataforma Climate Adapt. 2017. Europea Climate Adaptation Platform. STEP0 The Urban Adaptation Support Tool – Getting started. Disponible en: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/tools/urban-ast/step-0-0> (fecha de consulta: 20/04/2018)

Programa 21 – División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Disponible en: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter1.htm> (fecha de consulta: 13/08/2018)

R

Reglamento (UE) 2018/842 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030 que contribuyan a la acción por el clima, con objeto de cumplir los compromisos contraídos en el marco del Acuerdo de París, y por el que se modifica el Reglamento (UE) n° 525/2013

Romero, E. 2015. Evaluación y gestión medioambiental para planes, programas y proyectos de ingeniería, Compendio-guía para el estudio básico. Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental.

U

Unión Europea. 2012. Versión Consolidada del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2010/083/Z00047-00199.pdf> (fecha de consulta: 16/07/2018)