

Impactos del cambio climático en España

María J. Sanz y Elena Galán*

Resumen

España está situada en una región que presenta evidencias claras de impactos del cambio climático. En los últimos escenarios de cambio climático elaborados para España que se recogen el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático se pone de manifiesto que los impactos se van a incrementar, por lo que la caracterización y evaluación de los impactos es necesaria para poder abordar la adaptación al cambio climático en nuestro país. En España las evidencias de los impactos del cambio climático se pueden encontrar ya en prácticamente todos los sectores. A continuación, se introduce un sumario en base a la revisión de la documentación científico-técnica existente que se realizó en 2020 para la Oficina de Cambio Climático del Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (Sanz y Galán, 2021), la mayor parte de los estudios están recogidos en la plataforma Adapteca. Los sectores o ámbitos considerados son aquellos para los que se dispone de documentación y son: los recursos hídricos, la desertificación y los suelos, los ecosistemas terrestres, la agricultura y ganadería, el medio marino, costas, medio urbano, salud, energía, infraestructuras y transporte y turismo. La adaptación, sin ninguna duda, es uno de los dos pilares fundamentales de la lucha contra el cambio climático en nuestro país. Dado que la adaptación requiere ser abordada desde los diferentes niveles de gobernanza, desde la escala global a la nacional, regional y local, es fundamental desarrollar marcos normativos coherentes a las diferentes escalas que enmarquen las obligaciones y directrices de la acción frente al cambio climático en materia de adaptación.

Palabras clave: cambio climático, adaptación, riesgos, normativa.

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios causados por las actividades del ser humano ya no se ponen en duda tanto en el clima medio, los extremos climáticos, y las evidencias indican que se verán amplificados o atenuados por la variabilidad intrínseca del sistema climático. Pero se confirma la tendencia general de aumento de la temperatura media global debido a la influencia humana (IPCC, 2021). A nivel global, se prevé un mayor calentamiento en todas las regiones. Habrá disminuciones de la extensión del *permafrost*, nieve, glaciares y mantos de hielo, lagos y hielo marino.

* Basque Centre for Climate Change (BC3), Parque Científico, Leioa, España.

Estos cambios serán mayores si el calentamiento medio alcanza los 2 °C que si solo se alcanzan los 1,5 °C. Aunque, incluso con un calentamiento global de 1,5 °C, se prevé que las precipitaciones intensas y las inundaciones asociadas se intensifiquen y sean más frecuentes en la mayoría de las regiones. Además, se prevén sequías más frecuentes y/o severas en algunas regiones de casi todos los continentes. Todos estos cambios serán mayores con calentamientos globales de 2 °C y superiores.

España está situada en una región que, según los recientes informes del IPCC, presenta evidencias claras de impactos del cambio climático, la región mediterránea (IPCC, 2014). En ella se prevé un aumento de las temperaturas extremas, disminución de precipitación y de la cobertura de nieve, y un incremento de la aridez y de incendios forestales. Y desde luego no se puede descartar un incremento de los fenómenos de baja frecuencia, pero alto impacto, que son relevantes en la evaluación de riesgos. En los últimos escenarios de cambio climático elaborados para España que se recogen en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) en el medio plazo (2021-2050), se pone de manifiesto que tanto la precipitación como la temperatura presentarán variaciones en sus tendencias, con una disminución de la media en todas las estaciones del año con reducciones que pueden alcanzar el 30 % en el caso de la primera y un incremento de hasta 3 °C en el caso de la segunda y de no menos de un grado con respecto al periodo 1971-2000 (Rodríguez y Gutiérrez, 2018). Por todo ello, la caracterización y evaluación de los impactos es necesaria para poder abordar la adaptación al cambio climático en nuestro país.

2. EVIDENCIAS E IMPACTOS ESPERADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESPAÑA

En nuestro país las evidencias de los impactos del cambio climático se pueden encontrar ya en prácticamente todos los sectores. A continuación, se presenta un resumen de los impactos en base a la revisión de la documentación científico-técnica existente (Sanz y Galán, 2021). La mayor parte de los estudios están recogidos en la plataforma Adaptecca¹. Los sectores o ámbitos considerados son aquellos para los que se dispone de documentación y son: los recursos hídricos, la

¹ <https://www.adaptecca.es>

desertificación y los suelos, los ecosistemas terrestres, la agricultura y ganadería, el medio marino, costas, medio urbano, salud, energía, infraestructuras y transporte, y turismo.

Recursos hídricos

Ya se ha observado una reducción del caudal de los principales ríos de la Península Ibérica durante la segunda mitad del siglo XX, con una tendencia a la baja de los caudales anuales más pronunciada en primavera e invierno, que se puede atribuir en parte a los cambios en el patrón de lluvias estacionales. En el futuro se espera un aumento generalizado en la intensidad y magnitud de las sequías meteorológicas e hidrológicas bajo escenarios de cambio climático, por el aumento de la evapotranspiración y reducción de las precipitaciones. Esto puede resultar en escorrentías y recargas subterráneas decrecientes, con una consecuente reducción de la aportación hídrica a los ríos. Todo ello, unido a cambios de régimen en la precipitación y el incremento del nivel del mar, puede producir alteraciones en los procesos del ciclo hidrológico en su fase subterránea (por ejemplo, salinización, concentración de contaminantes) y superficial (inundaciones por eventos extremos o deshielo rápido, etc.). Además, una mayor intermitencia de los flujos de agua o los cambios estacionales puede impactar muy negativamente en algunos hábitats acuáticos de agua dulce (humedales, manantiales, etc.) y las especies que en ellos habitan.

En general, incluso en los escenarios de bajas emisiones, se prevén considerables repercusiones en el ciclo hidrológico, cuya consecuencia será la disminución de la disponibilidad de agua y su calidad. Los recursos hídricos están íntimamente relacionados con todos los sectores económicos, especialmente aquellos que son más críticos para nuestra economía. El actual uso de los recursos hídricos, que está altamente regulado y con un uso muy intensivo en ciertas áreas, implica que puede ser más vulnerable al cambio climático, y ello debe tenerse en cuenta en el diseño de las respuestas adaptativas.

Desertificación y suelos

Las proyecciones sobre el cambio climático en España apuntan, entre otras cosas, hacia una creciente aridez y un aumento de las temperaturas. Aun cuando no

se produjeran incrementos cuantitativamente importantes de las pérdidas de suelo, el incremento previsto de la aridez apunta a un aumento del riesgo de desertificación en nuestro país.

En lo que respecta a los suelos, la disminución de la precipitación media o el aumento de fenómenos extremos (como sequías, inundaciones o incendios, entre otros) pueden provocar un incremento peligroso de la erosión sobre todo en aquellos suelos sujetos a alta intensidad de manejo.

En cuanto a la calidad y funcionalidad de los suelos, se espera una disminución de la materia orgánica en los suelos ya pobres en carbono orgánico, en particular en suelos mediterráneos. La actividad, composición y estructura de las comunidades bióticas pueden verse afectadas en general de forma negativa, modificándose de manera sustancial su capacidad de proveer los nutrientes y los servicios que permiten la recuperación de las comunidades vegetales que soportan. Así, los ciclos del nitrógeno y carbono pueden verse alterados, incluso en suelos ya muy adaptados (por ejemplo, aquellos con costras biológicas en clima semiárido).

Ecosistemas terrestres

En las especies forestales se han observado ya cambios fenológicos, como el aumento o desplazamiento del periodo de permanencia de la hoja en especies de hoja perenne, y cambios en los periodos de floración y fructificación de muchas especies. Estas alteraciones pueden llevar a cambios de comportamiento en las especies migratorias (muchas aves migratorias ya están adelantado su llegada a la península), o en especies locales (determinados insectos están adelantando la emergencia de los adultos).

Algunas especies forestales se están viendo afectadas negativamente, con incrementos en la defoliación y aumento de las tasas de mortalidad, habiéndose relacionado algunos de estos incrementos de mortandad en pinares con el incremento de las sequías. Aunque también los fenómenos de decaimiento o mortandad están condicionados por la gestión de estos ecosistemas, que puede aumentar o disminuir su vulnerabilidad. Se han observado cambios de distribución de algunas especies, como la ascensión altitudinal del haya en el Montseny o el piorno serrano y el enebro en la Sierra de Guadarrama. Asimismo, se han visto

alteradas las interacciones bióticas en muchos de nuestros ecosistemas, como por ejemplo: la distribución e intensidad de las plagas y enfermedades en las especies de coníferas (la procesionaria del pino, muérdagos, o las infecciones por hongos); y complejos fenómenos de decaimiento, en los que el cambio climático puede estar jugando un papel junto con otros factores (por ejemplo, el abandono de la gestión o la entrada de patógenos exóticos) como es el caso del decaimiento observado en los encinares peninsulares.

Es muy probable que la resiliencia de nuestros bosques pueda verse reducida en el futuro si se producen sequías recurrentes. Los ecosistemas de montaña y las poblaciones situadas en los límites meridionales de distribución y cotas altitudinales inferiores pueden presentar una alta vulnerabilidad, así como especies de reptiles y anfibios. Es decir, especies que viven en ecosistemas “islas”, donde no pueden migrar, o que viven en los márgenes de sus áreas de distribución, donde pequeños cambios climáticos pueden generar grandes impactos en la salud y capacidad de supervivencia de estas especies.

Agricultura y ganadería

Los principales impactos del cambio climático en la agricultura y la ganadería son los cambios fenológicos asociados al desplazamiento de las estaciones, el aumento de las sequías, los daños por calor y por eventos extremos. También sufren impactos indirectos derivados de los efectos del cambio climático sobre otros sectores (suelos, recursos hídricos, etc.). Así, se espera un descenso en la producción tanto de cultivos herbáceos como leñosos, siendo mayor en los cultivos de secano. El efecto de la posible limitación de los recursos hídricos para los cultivos de regadío dependerá de los requerimientos de cada tipo de cultivo y de la disponibilidad de dichos recursos en cada región. Ya hay evidencias constatadas del cambio fenológico en algunas especies frutales de hueso y en los cítricos en España debido al avance de las temperaturas primaverales y la falta de días fríos. Asimismo, los viticultores han constatado un adelanto de la fecha de maduración de la uva. Estos cambios tienen efectos en la calidad de las cosechas o en la competitividad del cultivo de estación temprana. Otro impacto importante se relaciona con cambios en la distribución y comportamiento de plagas, patógenos y enfermedades zoonóticas, pues los cambios en el clima permiten la extensión de los hábitats

de plagas y patógenos a otras localizaciones. Los cambios en la fauna auxiliar y los polinizadores también pueden ser muy relevantes, incluyendo impactos en el sector apícola.

En la ganadería intensiva se espera que los impactos más importantes sean indirectos; la extensiva y mixta se verán afectadas de manera directa por la limitación del acceso al agua y la exposición al estrés por el calor, sobre todo en pastos donde no hay suficiente arbolado para producir sombra. Por otro lado, el incremento de la “matorralización” de las últimas décadas en los pastos de montaña por encima de la línea de bosques, debido a la disminución de la carga ganadera, aumenta la vulnerabilidad de estos sistemas a los incendios, que se prevén más recurrentes debido a los efectos del cambio climático.

Todos estos cambios agravarán la vulnerabilidad de la agricultura y la ganadería españolas y exigirán medidas adaptativas. Por ello, es necesario el estudio de los impactos a nivel regional, por tipo de cultivo y especie ganadera, así como por sistema de explotación; además de la inclusión de indicadores o evidencias del cambio.

Medio marino

En el medio marino, los impactos sobre la biodiversidad y los ecosistemas, así como en la pesca y acuicultura, son cada vez mejor conocidos y se deben fundamentalmente al aumento de temperatura, la acidificación y la pérdida de oxígeno. Así, se observan cambios en la distribución y abundancia de especies de flora y fauna marina, cambios fenológicos, establecimiento de especies invasoras y disminución del potencial pesquero y acuícola, principalmente. Estos cambios a nivel de especie influyen en la composición e interacciones dentro de las comunidades biológicas, y en la estructura, dinámica y funcionamiento de los ecosistemas, con implicaciones para los servicios ecosistémicos marinos, la pesca y la acuicultura. Estos impactos se han venido documentando para las regiones Mediterránea, Canaria y Atlántica peninsular, con cada vez más evidencia de especies que cambian sus rangos de distribución, abundancia, presencia y migraciones. Así, los ecosistemas marinos y las comunidades humanas que dependen de ellos serán más vulnerables al cambio climático cuando además

estén expuestos a otras presiones e impactos, como la contaminación, la presión urbana o la sobrepesca. La magnitud acumulada de estas presiones, junto al cambio climático, está aumentando el riesgo de extinción de especies marinas a tasas sin precedentes.

Costas

El cambio climático representa una amenaza importante para las costas en España, aunque se trata de uno de los sectores mejor estudiados y que cuenta con su propia estrategia de adaptación. Entre los factores de cambio más importantes se encuentran el ascenso del nivel del mar, los eventos extremos, como las mareas meteorológicas, los cambios en el oleaje y los cambios en la temperatura del agua, pero también diversos factores antropogénicos, como la ocupación de la costa, que aumentan la exposición ante los riesgos climáticos.

El cambio climático está agravando ya muchos de estos procesos y seguirá haciéndolo en el futuro. Como consecuencia de ello, y en ausencia de políticas de adaptación, se espera que aumenten las inundaciones costeras y la erosión, que afectarán tanto a los sistemas naturales como humanos, así como los daños materiales, ecológicos y económicos asociados.

Medio urbano

Los retos de las ciudades frente al cambio climático son muchos y diversos. Los núcleos urbanos concentran población e infraestructuras críticas, a la par que conocimiento y bienes sociales y culturales. Además de ser vulnerables al cambio climático por estas razones, también las ciudades están altamente expuestas y son propensas a sufrir impactos por sus características intrínsecas o por su localización en el territorio.

En los planes urbanos de adaptación al cambio climático en España se identifican siete ejes de riesgo: aumento del nivel del mar, oleaje extremo, precipitación intensa, disminución de las precipitaciones, aumento de las temperaturas, olas de calor y vendavales. Actualmente, el grado de desarrollo y detalle de las evaluaciones de riesgo y vulnerabilidad en las ciudades es bajo. Es importante tener en cuenta que el cambio climático exacerbará muchos de los problemas actuales en las

ciudades, ya que determinados grupos sociales se verán especialmente afectados debido a su menor capacidad de preparación, respuesta y recuperación ante los impactos. Esta información es fundamental a la hora de planificar la inversión en adaptación de forma eficiente y eficaz, teniendo en cuenta los riesgos climáticos más probables, pero sin olvidar la incertidumbre, en particular de aquellos eventos menos probables pero que más daños puedan generar. Por último, aunque los impactos son generalmente reconocidos por las consecuencias negativas sobre la gestión urbana, los ecosistemas y recursos, la planificación y las infraestructuras, las actividades económicas o la población, en muchos casos también se identifican impactos con efectos positivos. Esta dualidad, por tanto, debe tenerse en cuenta a la hora de evaluar los costes y beneficios de la adaptación urbana.

Salud

El cambio climático en España representa una amenaza para la salud humana, con impactos directos e indirectos. Entre los primeros, son especialmente relevantes los riesgos asociados a las temperaturas excesivas y a las inundaciones, que se asocian con morbilidad y mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias, estrés térmico, agravamiento de enfermedades crónicas y lesiones. El cambio climático también afecta a la salud humana indirectamente por concurrencia con la contaminación medioambiental (por ejemplo, calidad del aire, etcétera).

Los impactos del cambio climático en los ecosistemas provocan cambios en la distribución geográfica y temporal de los agentes patógenos y sus vectores; cambios que además están facilitados por la globalización y aumento del transporte de personas y mercancías. Ello tiene un impacto en la salud humana. En España los riesgos emergentes incluyen enfermedades transmitidas por garrapatas, enfermedades transmitidas por mosquitos en regiones húmedas (destaca el mosquito tigre asiático, que transmite dengue, chikungunya y zika). Los patógenos transmitidos por los alimentos y el agua son sensibles al cambio climático, por ejemplo, por el crecimiento bacteriano mediado por la temperatura o mediante la contaminación del agua por inundaciones. Los riesgos de enfermedades transmitidas por agua o alimentos incluyen la transmisión de *Cryptosporidium*, *Vibrio*, salmonela y *Campylobacter*. Además, las cianobacterias hepatotóxicas en aguas de recreo y superficiales pueden constituir un riesgo adicional para la

salud pública en futuros escenarios climáticos en España. Otros impactos, que pueden considerarse indirectos, se manifiestan a través de los efectos del cambio climático sobre aspectos sociales, como por ejemplo la seguridad alimentaria, la capacidad laboral, el impacto sobre el sistema sanitario y el desplazamiento de la población. Hay que tener en cuenta que todos estos impactos pueden llevar asociados además problemas de deterioro de la salud mental. Entre los factores que agravan la vulnerabilidad frente al impacto del cambio climático en la salud se incluyen la presencia de enfermedades previas, la exclusión y desconexión social, la pobreza, los estilos de vida poco saludables y otros factores socioeconómicos y demográficos.

Las áreas urbanas son particularmente sensibles por la densidad de población y alta densidad de grupos vulnerables. Existen factores de vulnerabilidad emergente, como la resistencia a antibióticos, los nuevos contaminantes en aguas y sus posibles interacciones con el cambio climático y la creciente incidencia de enfermedades generadas por el estilo de vida sedentario.

Energía

La energía hidroeléctrica es la fuente de energía que puede verse más afectada por el cambio climático debido a la menor disponibilidad de agua. Asimismo, los eventos meteorológicos extremos pueden afectar a las infraestructuras energéticas, especialmente las situadas en las zonas costeras, y generar riesgos añadidos sobre el sistema. También existen otros riesgos relacionados con la modificación futura del potencial eólico y solar, aunque las proyecciones existentes tienen una elevada incertidumbre. Si bien el impacto más significativo del cambio climático en nuestro país vendría por el lado del nexo entre agua y energía, también existen otros riesgos relacionados con el nexo entre energía y uso de la tierra, que pueden ser más relevantes a medida que aumente el uso de la biomasa como fuente de energía en el futuro, cuyo potencial puede verse afectado por el cambio climático.

Finalmente, el futuro portafolio energético, con una mayor presencia de energías renovables, aumenta la resiliencia del sistema, al reducir los niveles de dependencia energética, y es una medida de adaptación, ya que se reducen los efectos negativos relacionados con el consumo intensivo de agua por parte de las centrales térmicas.

Sin embargo, las instalaciones que utilizan fuentes renovables también generan otros impactos indirectos, ya que competirán con otros usos del suelo.

Transporte e infraestructuras

En cuanto a las infraestructuras y redes de transporte, se prevén impactos negativos en las redes troncales de transporte terrestre (red vial y ferroviaria), especialmente debidos a los fenómenos climáticos extremos como las precipitaciones torrenciales; aunque también se pueden experimentar impactos positivos si disminuyen las nevadas y heladas. Se ha estimado que la magnitud del cambio de vulnerabilidad de la red estatal de transporte terrestre a 30 años a causa del cambio climático es, en promedio, inferior a la vulnerabilidad que ya tienen en la actualidad gran parte de sus secciones. Las redes portuarias y aeroportuarias también pueden verse afectadas de forma negativa, en especial por eventos extremos en las costas los primeros, y por cambios en el régimen de vientos los segundos, pudiendo aparecer también impactos positivos en este caso.

Turismo

El sector turístico puede verse afectado por el cambio climático tanto por los impactos en la oferta como en la demanda. La subida de las temperaturas en las provincias costeras de Mediterráneo puede disminuir la predisposición de los turistas a visitarlas. Aunque esto también podría provocar que la temporada alta de los destinos de sol y playa españoles se desplazara fuera de los meses de julio y agosto tradicionales, alargando así la temporada turística. La incidencia de eventos extremos en las costas puede también incidir negativamente. El turismo relacionado con los deportes de invierno es el que se está viendo ya más afectado, especialmente en el caso de las estaciones de esquí a cotas más bajas por la falta de nieve. Esta situación es previsible que se agrave incluso con escenarios climáticos más moderados.

3. RIESGOS PRELIMINARES IDENTIFICADOS EN ESPAÑA

Riesgos identificados

Basándonos en la aproximación utilizada en otros estudios (UK, 2017), la atribución preliminar de la prioridad de consideración de los riesgos indi-

viduales identificados, utilizando dos “categorías de urgencia en la acción” para evaluar cada uno de los riesgos. Se han clasificado en dos grandes categorías (más urgente / menos urgente) en base a los criterios que se detallan en la figura 1. Se han identificado de forma preliminar una serie de riesgos los sectores indicados en la sección anterior (figuras 2 y 3) (Sanz y Galán, 2020).

Figura 1

Criterios utilizados para determinar las categorías de urgencia de cada uno de los riesgos identificados

Categoría/ prioridad	Necesidad	Elementos para la justificación de la asignación de la categoría
Menos urgente	Continuar monitoreando el riesgo	Sería deseable monitorizar en el futuro la aparición y evolución de los impactos y el nivel de riesgo asociados para decidir si es necesario tomar nuevas medidas.
	Continuar las acciones iniciadas	Las actividades en curso o planeadas parecen apropiadas, pero deben mantenerse, incluyendo planes de incrementar o cambiar las actividades ya en curso.
Más urgente	Prioridad de investigación	Sería necesario acumular más evidencias científicas o reducir el grado de incertidumbre de las evidencias que ya se tienen para poder evaluar la necesidad de nuevas actuaciones.
	Más acción necesaria a corto plazo	Sería necesario un mayor énfasis en este riesgo y medidas adicionales a las ya planeadas.

Fuente: Adaptado de UK (2017).

Por sectores, es el sector de costas, recursos hídricos, ecosistemas terrestres y salud los que requieren actuaciones más urgentes por presentar un mayor número de riesgos individuales calificados como de prioridad alta. Mientras que los sectores agricultura y ganadería, medio marino, turismo, infraestructura-transporte, medio urbano y energía son los que requerirían una atención de prioridad media por presentar bastantes medidas de prioridad media y un menor porcentaje de medidas con prioridad alta que las anteriores (aunque podrían requerir acción urgente en algunas medidas). Ello no quiere decir que en estos sectores no haya que actuar en algunos de los riesgos que pueden suponer grandes impactos económicos.

Figura 2

Riesgos más urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito

Más urgentes

Recursos hídricos

- Riesgo de reducción de los caudales de los ríos o de cambios en sus patrones estacionales.
- Riesgo de cambio de distribución y biodiversidad de las comunidades acuáticas en masas de agua dulce.
- Riesgo de reducción de la disponibilidad de recursos hídricos para uso doméstico y en el sector servicios.
- Riesgo de reducción de la disponibilidad de recursos hídricos, por incremento de las sequías, para usos agrícolas e industriales.
- Riesgo de incremento de inundaciones fluviales y pluviales.
- Riesgo de incremento de la eutrofización y/o deterioro de la calidad del agua.

Ecosistemas terrestres

- Riesgo de aumento de la superficie de zonas áridas y semiáridas por desertificación.
- Riesgo de degradación y pérdida de suelo, disminución de la materia orgánica y cambios/empobrecimiento de biodiversidad en las comunidades edáficas.
- Riesgo de incremento de incendios forestales por causas naturales y no naturales.
- Riesgos derivados de los cambios en la fenología de las especies vegetales y que pueden provocar el desacoplamiento entre los ciclos biológicos de especies interdependientes incluyendo especies animales.

Agricultura y ganadería

- Riesgo de modificación/reducción en la producción por la variación de la estacionalidad de los cultivos.
- Riesgo de disminución del rendimiento de especies herbáceas, en especial de regadío, por limitaciones en el riego.
- Riesgo de pérdida de explotaciones por pérdidas de producción y aumento de precio de insumos.

Medio marino

- Riesgo para los hábitats y comunidades marinas por el aumento de la temperatura media del agua, la acidificación y la pérdida de oxígeno en las tres demarcaciones marinas españolas: Atlántico, Mediterráneo y Canarias.
- Riesgos para la pesca por aumento de olas de calor, más elevado en el Mediterráneo.
- Riesgo para la pesca por el desplazamiento de *stocks* de especies a aguas en las que no hay establecidos acuerdos de acceso o cuotas, y por una gestión no adaptativa.

Figura 2 (continuación)

Riesgos más urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito**Más urgentes****Costas**

- Riesgo en las viviendas, infraestructuras y servicios, asociados especialmente a la subida del nivel del mar y los eventos extremos costeros, intrusión salina en ríos y acuíferos.
- Las infraestructuras industriales, energéticas y de transporte localizadas en la costa, asociados especialmente a la subida del nivel del mar y los eventos extremos costeros, intrusión salina y acuíferos.

Áreas urbanas

- Riesgos de inundación y daños por deslizamientos y erosión en edificaciones y redes de infraestructura urbana (principalmente de saneamiento, drenaje y transporte) y otros elementos constructivos.
- Riesgo de desabastecimiento en servicios especialmente de agua y energía.
- Riesgo de deterioro y aumento de los costes de mantenimiento de la infraestructura verde en el medio urbano.
- Riesgos de pérdida y deterioro de confort y habitabilidad en viviendas y/o adopción de soluciones de mala adaptación.
- Riesgo de estrés térmico y reducción del confort térmico en el espacio público.
- Riesgo de deterioro y deformaciones por cambios de temperatura en elementos y materiales de construcción y mobiliario urbano.
- Riesgo de pérdida de primas de seguros, cambios en la contratación y afectaciones a servicios urbanos.

Salud

- Riesgo para la salud relacionado con el estrés por calor (aumento de la mortalidad y la morbilidad), sobre todo en la ciudadanía envejecida, infantil, o con enfermedades preexistentes.
- Daños personales por desbordamientos e inundaciones, temporales de viento y otros eventos extremos.
- Riesgo de aumento de enfermedades zoonóticas/vectoriales transmitidas por mosquitos (p. ej. dengue, fiebre amarilla, fiebre del Nilo y fiebre del Zika).
- Riesgo de incremento de enfermedades asociadas al empeoramiento de la calidad del aire.

Energía

- Riesgo de reducción en la producción de energía hidroeléctrica debida a los cambios de precipitación y temperatura.
- Riesgo de daños a las infraestructuras energéticas por inundaciones costeras.

Figura 2 (continuación)

Riesgos más urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito

Más urgentes

Transporte-infraestructuras

- Riesgo de disminución de la operatividad de los puertos por el aumento de frecuencia de rebase, fallos y roturas de diques, subida del nivel freático de los muelles como consecuencia de la mayor exposición y debido a la subida del nivel del mar.
- Riesgo de daños y erosión en taludes, firmes de carreteras y puentes por el aumento de la frecuencia de eventos extremos.

Turismo

- Riesgo de reducción e incluso desaparición del turismo de nieve.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3

Riesgos menos urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito

Menos urgentes

Recursos hídricos

- Riesgo de subsidencia en el terreno que afecte a edificios e infraestructuras por la menor recarga de acuíferos.
- Riesgo de mayor colmatación de embalses.
- Riesgo de impactos en piscifactorías de agua dulce.

Ecosistemas terrestres

- Riesgo de disminución de la productividad e incremento de la mortandad de especies arbóreas en los bosques por los cambios de variables climáticas (precipitación y temperatura) y el incremento de la incidencia de plagas y enfermedades.
- Riesgo de disminución o fragmentación de los hábitats de algunas especies vegetales (bosques, ecosistemas de montaña, etc.).
- Riesgo de disminución de la biodiversidad, incluida la desaparición de especies endémicas, cambios en las migraciones de aves.
- Riesgo de entrada y expansión de especies exóticas e invasivas en los ecosistemas terrestres y de agua dulce.

Figura 3 (continuación)

Riesgos menos urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito

Menos urgentes

Agricultura y ganadería

- Riesgo de pérdida de las zonas óptimas para ciertos cultivos por cambios en la precipitación y temperatura.
- Riesgo de pérdida de la calidad de los productos agrarios (p. ej. de la calidad del vino por aumento de la temperatura).
- Riesgo de pérdida de competitividad de productos de estación temprana incremento temperatura invernal en otros lugares.
- Riesgo de pérdidas de producción y bienestar animal e incluso mortalidad olas de calor y descenso de precipitaciones.
- Riesgo de sobreexplotación de pastos por disminución de la producción de hierba asociada al ascenso de las temperaturas estivales y bajada en las precipitaciones.
- Riesgo de incremento de mortalidad de abejas por aumento de fenómenos extremos que puede derivar en un decaimiento de los servicios de polinización.
- Riesgo de aumento de plagas, patógenos y cambios en la distribución de vectores, incluidos los de zoonosis.
- Riesgo de abandono de sistemas pastoreados por fallos en la viabilidad derivados de subidas de precios de otros cultivos.

Medio marino

- Riesgo de disminución de la productividad marina, de las capturas máximas potenciales y de la pesca debido a la estratificación de aguas superficiales y los cambios biofísicos en los océanos.
- Riesgo en el funcionamiento de los ecosistemas marinos, en la actividad pesquera y en la acuicultura por un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos extremos en el mar (oleaje, temporal, intrusión del nivel del mar), afectando a la flota artesanal, industrial y a las instalaciones de acuicultura.
- Riesgo de especies nuevas y/o invasoras que puedan integrarse en la actividad pesquera nacional, el consumo y los mercados, creando nuevas oportunidades, pero causando posible impacto ecológico.
- Riesgo para la acuicultura por aumento de episodios de fitoplancton tóxico, cambios en el crecimiento y fenología debidos al aumento de temperatura, al aumento de intensidad y a la acidificación.

Costas

- Riesgo de pérdida de ecosistemas costeros, playas, dunas y humedales por la subida del mar.
- Riesgo para la agricultura en zonas costeras debido a inundación e intrusión salina.

Figura 3 (continuación)

Riesgos menos urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito

Menos urgentes

Áreas urbanas

- Riesgo de pérdida de funcionalidad paisajística, recreativa y educativa de las áreas verdes en el tejido urbano.
- Riesgo de pérdida de valores culturales e identitarios y cambios en las relaciones sociales.
- Riesgo de pérdida o alteraciones de actividad económica, por interrupciones en el transporte y cambios en la demanda.
- Riesgo de falta de abastecimiento y calidad de agua insuficiente para consumo doméstico y en sec. agrícola, industrial y servicios.

Salud

- Riesgo de aumento de enfermedades infecciosas transmitidas por agua y alimentos.
- Riesgo de incremento de la duración y gravedad de las enfermedades alérgicas asociadas al polen como el asma, la rinitis, las conjuntivitis alérgicas o algunas dermatitis.
- Riesgo de aumento o agravamiento de problemas de salud mental.

Energía

- Riesgo de reducción del disponible hidráulico para centrales que emplean el agua como refrigerante.
- Aumento del consumo energético o modificación en la dinámica de la demanda (picos y medias).
- Riesgo de afectación de las redes de suministro eléctrico debidas a eventos meteorológicos extremos.

Transporte-infraestructuras

- Riesgo de daños en la infraestructura ferroviaria (sobretensión de las catenarias por tormentas eléctricas, en las vías por subida de la temperatura, saturación de sistemas de drenaje, erosión de taludes y deslizamientos).
- Riesgo de interrupción del tráfico ferroviario por caídas de objetos en las vías e impacto en las pantallas acústicas debido al incremento de las rachas de viento.
- Riesgo de disminución de operatividad de los aeropuertos por aumento de nieblas y viento, incendios en las operaciones de repostaje, dificultad de despegue de aviones pesados y saturación sistemas de drenaje por aumento de eventos extremos.

Figura 3 (continuación)

Riesgos menos urgentes a considerar en el desarrollo de medidas para cada ámbito

Menos urgentes	
Turismo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Riesgo de disminución del turismo por la desaparición o degradación de recursos turísticos (playas, parajes naturales, etc.). ▪ Riesgo de pérdida de cuota de mercado en el sector turismo en las zonas de costa debido a la exposición fenómenos extremos y disminución de confort térmico, incluyendo también con los que tienen que ver con la degradación ambiental, como la erosión y retroceso de playas.

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones relevantes para la evaluación de los riesgos en el futuro

La consideración y mejor comprensión de las interrelaciones entre los sectores será fundamental para el diseño de las medidas de adaptación óptimas para reducir el riesgo de forma eficiente en el futuro. Hay algunos aspectos importantes a tener en cuenta a la hora de considerar los riesgos, los factores intensificadores, los efectos en cascada y las incertidumbres asociadas a los riesgos. La existencia de varios condicionantes climáticos adversos al mismo tiempo es considerada en todos los casos como un factor intensificador de los impactos del cambio climático (Forzieri *et al.*, 2016). Así, por ejemplo, la disminución de las precipitaciones es un factor que agrava el efecto del aumento de las temperaturas en múltiples impactos, como el empeoramiento de la calidad del aire, el debilitamiento de la vegetación y aumento de peligro de plagas, enfermedades o incendios, etc. La incertidumbre ante el riesgo climático es esencial a la hora de evaluar los impactos del cambio climático y se expresa normalmente como probabilidad asociada a diferentes escenarios de impactos, aunque la incertidumbre puede tener diferentes orígenes, aparte de la falta de datos o de precisión de los modelos, como la ambigüedad en el uso de los conceptos, y la propia complejidad de los sistemas, que nos dificulta conocer los efectos precisos de cada acción sobre el sistema (Markandya, 2014), en este caso, los impactos.

Por último, es importante tener en cuenta que el cambio climático exacerbará muchos de los problemas actuales, ya que determinados grupos sociales se

verán especialmente afectados debido a su menor capacidad de preparación, afrontamiento y recuperación ante los impactos. Esto incrementará las desigualdades actuales originadas por la pobreza, acceso a recursos y servicios y la calidad ambiental que afectan a grupos marginales y minorías normalmente concentradas en el espacio (Reckien *et al.*, 2017; Shi *et al.*, 2016), como es el caso de las ciudades más grandes. Hay por tanto que prestar atención a los impactos distributivos derivados de los planes de actuación (cuánto riesgo reduce y en qué horizonte temporal, qué costos tienen y a qué grupos benefician más). Es fundamental, por tanto, facilitar la participación a través de dinámicas iterativas para caracterizar los impactos y comunicar las evaluaciones de riesgos climáticos realizadas con las partes interesadas, de forma que se retroalimente el proceso y se prioricen resultados beneficiosos para los grupos más desfavorecidos y vulnerables (Anguelovski *et al.*, 2016).

4. MARCO INSTITUCIONAL PARA LA ADAPTACIÓN

La adaptación es uno de los dos pilares fundamentales de la lucha contra el cambio climático. La adaptación se aborda desde los diferentes niveles de gobernanza en relación con los temas ambientales. Así desde la escala global a la nacional, regional y local se desarrollan marcos normativos que enmarcan las obligaciones y directrices de la acción frente al cambio climático en materia de adaptación.

Marco multilateral

La adaptación está presente en el texto de la Convención Marco para el Cambio Climático de las Naciones Unidas, aunque recibió una menor atención que la mitigación los primeros años de andadura de la CMCC. Sin embargo, en los últimos años, y debido a las evidencias crecientes, los impactos del cambio climático han cobrado una mayor relevancia. La adaptación ganó prominencia en las negociaciones y en la VII Conferencia de la Partes en Bali (COP7), en la que se propuso la creación del Fondo de Adaptación. Posteriormente, se introdujo el “Marco de Adaptación de Cancún”, la creación del Comité de Adaptación. Con la adopción del Acuerdo de París, en diciembre de 2015, en su artículo 7 se reafirma que la adaptación es un reto global que deberá afrontarse desde

distintas dimensiones (local, regional, nacional, internacional) y se estableció un objetivo global en materia de adaptación que persigue aumentar la capacidad adaptativa, reducir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia frente a los impactos del cambio climático, y reconoce la importancia de evitar, minimizar y hacer frente a las pérdidas y daños asociados a los efectos adversos del cambio climático. Recientemente, en la COP26 en Glasgow, se lanzó un programa para definir un objetivo global y cómo medir su progreso, que se estima para dos años de trabajo, incluyendo los *inputs* de los actores que ya están trabajando en programas de adaptación en la práctica.

Marco europeo

La Comisión Europea por su parte, comenzó la consideración de la adaptación al cambio climático a partir del año 2007 a la par que la Cumbre de Bali, con una serie de recomendaciones recogidas en el *Libro Verde de la Comisión Europea de adaptación al cambio climático en Europa*. Dos años después, en 2009 se publicó el *Libro Blanco de la Comisión Europea sobre Adaptación al cambio climático: Hacia un marco europeo de actuación*, que se estructuraba en torno a cuatro pilares de acción: refuerzo de la base de conocimiento; integración de la adaptación en todas las políticas de la UE; instrumentos (financieros y de otro tipo) para asegurar la efectividad de la adaptación; y cooperación internacional y dimensión exterior de la adaptación.

La Comisión Europea adoptó la estrategia de adaptación de la UE en abril de 2013. Complementando las actividades de los Estados miembros, la estrategia apoya la acción promoviendo una mayor coordinación y el intercambio de información entre los Estados miembros, y asegurando que las consideraciones de adaptación se aborden en todas las políticas pertinentes de la UE. El papel de la UE puede ser particularmente apropiado cuando los impactos del cambio climático trascienden las fronteras de los estados individuales, como en las cuencas de los ríos, y cuando los impactos varían considerablemente entre las regiones. El papel de la UE puede ser también especialmente útil para aumentar la solidaridad entre los Estados miembros y garantizar que las regiones desfavorecidas y las más afectadas por el cambio climático sean capaces de tomar las medidas necesarias para adaptarse. En 2018, la Comisión Europea ha completado una evaluación en profundidad de esta

estrategia. Los documentos relevantes son el Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo relativo a la aplicación de la estrategia de adaptación al cambio climático de la UE (COM/2018/738 final) y la Evaluación de la Estrategia Europea de Adaptación al Cambio Climático (*Commission Staff Working Document*, SWD/2018/461 final, versión extendida en inglés).

Marco nacional

A nivel español, el hito principal en cuestión de adaptación al cambio climático ha sido la elaboración del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)² cuyo primer programa de trabajo se aprobó en 2006³. El PNACC es el marco de referencia para la coordinación entre las administraciones públicas en las actividades de evaluación de impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España. El Plan, elaborado por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), fue adoptado por el Consejo de Ministros en el año 2006 después de un amplio proceso de consulta pública y participación con los principales órganos de coordinación a nivel nacional en materia de cambio climático (la Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático, al Consejo Nacional del Clima, el Grupo Interministerial de Cambio Climático y la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente). 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. La elaboración del Plan vino precedida por la Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático a través del Proyecto ECCE (ECCE, 2005). El PNACC establece cuatro ejes de actuación, siendo el primero la pieza clave sobre la que pivotan todos los demás: la evaluación de los impactos, la adaptación y la vulnerabilidad al cambio climático para cada sector. Los sectores y sistemas contemplados en el PNACC, “sin perjuicio de que en una fase posterior se incluyan más, o se subdividan en varios”, fueron los siguientes: biodiversidad; recursos hídricos; bosques; sector agrícola;

2 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-daptacion/pna_v3_tcm7-12445_tcm30-70393.pdf

3 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/1_prog_trabajo_tcm30-70399.pdf

zonas costeras; caza y pesca continental; zonas de montaña; suelo; pesca y ecosistemas marinos; transporte; salud humana; industria y energía; turismo; finanzas-seguros; urbanismo; construcción. El PNACC se ha desarrollado mediante programas de trabajo, que han permitido priorizar y estructurar las actividades en él contenidas. El Primer Programa de Trabajo del PNACC fue aprobado en 2006⁴, conjuntamente con el propio Plan, con el fin de abordar las prioridades inmediatas y los aspectos transversales de la adaptación en España. El Segundo Programa de Trabajo fue adoptado en julio de 2009⁵ y, por último, en diciembre de 2013 se ha aprobado el Tercer Programa de Trabajo⁶, que persigue abordar de forma integral la adaptación al cambio climático.

El seguimiento del desarrollo del PNACC se realiza a través de la elaboración de cuatro Informes de progreso (2008⁷, 2011⁸, 2014⁹ y 2018¹⁰). A lo largo de 2018 y 2019, la OECC ha desarrollado una evaluación global del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, con el objeto de reconocer los avances logrados, los retos pendientes y las lecciones aprendidas hasta la fecha. Durante este proceso de evaluación, se han emprendido diversas actividades en el contexto del Proyecto LIFE SHARA¹¹, habiéndose publicado el Informe de Evaluación del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático¹² en 2019.

4 ECCE, 2005. Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático. Proyecto ECCE – INFORME FINAL. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. I.S.B.N.: 84-8320-303-0.

5 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/1_prog_trabajo_tcm30-70399.pdf

6 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3PT-PNACC-enero-2014_tcm30-70397.pdf

7 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/1_informesequiminetopnacc_tcm30-70405.pdf

8 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/2informesequimientopnacc_tcm30-70404.pdf

9 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/3informesequimientopnacc_tcm30-70403.pdf

10 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/4informesequimientopnacc_tcm30-485659.pdf

11 Sensibilización y conocimiento para la adaptación al cambio climático, <http://lifeshara.es/>

12 https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/informeevaluacion_pnacc_tcm30-499212.pdf

Además, la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (LCCTE), reconoce la adaptación a los impactos del cambio climático por primera vez en un instrumento jurídico de este carácter. Se establecen objetivos para fomentar la resiliencia y la adaptación frente al cambio climático, y se señala que el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático se desarrollará mediante Programas de Trabajo que se aplicarán en periodos de cinco años y cuyos resultados serán revisados periódicamente. Se incluye la integración de los riesgos derivados del cambio climático en la planificación y gestión hidrológica, en la costa, en las infraestructuras del transporte y en la ordenación de los usos del suelo. Asimismo, se prevén medidas para la protección de la biodiversidad y sus hábitats frente al cambio climático y disposiciones relativas a la política forestal y desarrollo rural.

Marcos autonómicos y locales

Las comunidades autónomas, en el ejercicio de sus competencias, mantienen unos marcos estratégicos, planes y/o programas en materia de adaptación al cambio climático (figura 4), que desarrollan a través de numerosas iniciativas y acciones.

En el ámbito local, la Red Española de Ciudades por el Clima, perteneciente a la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP) aglutina a más de

Figura 4

Instrumentos desarrollados por las comunidades autónomas en los que se abordan aspectos/acciones sobre la adaptación

Comunidad autónoma	Marco/Plan/Programa	Año
Andalucía	▪ Estrategia Andaluza de Cambio Climático	2002
	▪ Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático	2010
	▪ Ley 8/2018, de 8 de octubre, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía (<i>BOJA</i> n.º 199, de 15 de octubre) bajo la que se incluirá Plan Andaluz de Acción por el Clima (en elaboración) que contendrá, entre otros, un Programa de Adaptación	2018

Figura 4 (continuación)

Instrumentos desarrollados por las comunidades autónomas en los que se abordan aspectos/acciones sobre la adaptación

Comunidad autónoma	Marco/Plan/Programa	Año
Aragón	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estrategia Aragonesa de Cambio Climático y Energías Limpias (EACCEL). Documento de planificación estratégica que contempla líneas de actuación en mitigación y adaptación a tres niveles: autonómico, local e individual/empresarial 	2009
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plan de Acción del Gobierno de Aragón frente al Cambio Climático y de Energías Limpias. Documento de planificación de actuaciones concretas del Gobierno de Aragón en materia de mitigación y adaptación 	2009
Asturias	Programa sobre Adaptación al Cambio Climático en la Costa del Principado de Asturias	Pendiente
Baleares	Estrategia Balear de Cambio Climático 2013-2020	2013
Canarias	Estrategia Canaria de Lucha contra el Cambio Climático	2009
Cantabria	Estrategia de Acción frente al Cambio Climático en Cantabria 2017-2030	Pendiente
Castilla y León	Estrategia Regional de Cambio Climático 2009-2012-2020	2009
	Plan de Actuaciones Transversales	
	Programa 4. Adaptación al Cambio Climático	
Castilla-La Mancha	Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático 2010-2012-2020 (ERMACC)	2011
Cataluña	Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático 2013-2020 (ESCACC)	2012
	Tercer informe del Cambio Climático de Cataluña.	2017
	Ley de Cambio Climático de Cataluña	2017
C. Valenciana	Estrategia Valenciana ante el Cambio Climático 2013-2020	2013
Extremadura	Estrategia de Cambio Climático de Extremadura 2013-2020	2014
Galicia	Actuaciones en materia de observación e investigación del clima, generación de informes	2012
		2016
Madrid	Estrategia de Calidad del Aire y Cambio Climático de la Comunidad de Madrid. Plan Azul+ (2013-2020)	2013

Figura 4 (continuación)

Instrumentos desarrollados por las comunidades autónomas en los que se abordan aspectos/acciones sobre la adaptación

Comunidad autónoma	Marco/Plan/Programa	Año
Murcia	Estrategia de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de la Región de Murcia	Pendiente
Navarra	Hoja de ruta de Cambio Climático 2020-2030-2050	2018
País Vasco	Estrategia KLIMA 2050	2015
Rioja, La	Estrategia Regional de Adaptación al Cambio Climático	Pendiente

Fuente: Elaboración propia.

un centenar de poblaciones españolas comprometidas con el medio ambiente y el cambio climático para intercambiar conocimientos y experiencias en la materia. Además, constituye un instrumento de apoyo técnico para los españoles, ofreciéndoles herramientas que les permitan alcanzar un modelo de desarrollo sostenible. Muchas ciudades españolas ya disponen de planes de adaptación y/o estrategias municipales de cambio climático.

5. CONCLUSIONES

Se dispone de mayor conocimiento sobre los impactos y las medidas de adaptación que serían necesarias en muchos de los sectores considerados que hace dos décadas en España. Y en general, todos los sectores abordados presentan impactos que serán negativos (puntualmente podrían presentarse efectos positivos). Lo que nos lleva a concluir que en todos ellos se debe tener en cuenta la necesidad de medidas de adaptación.

La evaluación de los riesgos constituye una herramienta fundamental para poder priorizar las acciones y los recursos que se deberán destinar a las medidas de adaptación que nos permitan incrementar la resiliencia en los diferentes ámbitos. La identificación y evaluación preliminar de los riesgos constituye un primer paso para continuar mejorando en su evaluación.

La adaptación, sin ninguna duda, es uno de los dos pilares fundamentales de la lucha contra el cambio climático en nuestro país. Dado que la adaptación requiere ser abordada desde los diferentes niveles de gobernanza, desde la escala global a la nacional, regional y local, es fundamental desarrollar marcos normativos coherentes a las diferentes escalas que enmarquen las obligaciones y directrices de la acción frente al cambio climático en materia de adaptación.

REFERENCIAS

ANGUELOVSKI, I., SHI, L., CHU, E., GALLAGHER, D., GOH, K., LAMB, Z., REEVE, K y TEICHER, H. (2016). Equity Impacts of Urban Land Use Planning for Climate Adaptation: Critical Perspectives from the Global North and South. *Journal of Planning Education and Research*, 36, pp. 333–348. <https://doi.org/10.1177/0739456X16645166>

FORZIERI, G., FEYEN, L., RUSSO, S., VOUSDOKAS, M., ALFIERI, L., OUTTEN, S., MIGLIAVACCA, M., BIANCHI, A., ROJAS, R. y CID, A. (2016). Multi-hazard assessment in Europe under climate change. *Climatic Change*, 137, pp. 105–119. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1661-x>

IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of *Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [C. B. FIELD, V. R. BARROS, D. J. DOKKEN, K. J. MACH, M. D. MASTRANDREA, T. E. BILIR, M. CHATTERJEE, K. L. EBI, Y. O. ESTRADA, R. C. GENOVA, B. GIRMA, E. S. KISSEL, A. N. LEVY, S. MACCRACKEN, P. R. MASTRANDREA y L. L. WHITE (eds.)].(p. 1132). United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.

IPCC (2018). Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar

la pobreza [V. MASSON-DELMOTTE, P. ZHAI, H.-O. PÖRTNER, D. ROBERTS, J. SKEA, P.R. SHUKLA, A. PIRANI, W. MOUFOUMA-OKIA, C. PÉAN, R. PIDCOCK, S. CONNORS, J.B.R. MATTHEWS, Y. CHEN, X. ZHOU, M.I. GOMIS, E. LONNOY, T. MAYCOCK, M. TIGNOR y T. WATERFIELD (eds.)].

IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [V. MASSON-DELMOTTE, P. ZHAI, A. PIRANI, S.L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M.I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T.K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU y B. ZHOU (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

MARKANDYA, A. (2014). Incorporating Climate Change into Adaptation Programmes and Project Appraisal: Strategies for uncertainty. En: A. MARKANDYA, I. GALARRAGA y E. SAINZ DE MURIETA (eds.), *Routledge Handbook of the Economics of Climate Change Adaptation*. (pp. 97–119). Routledge.

RECKIEN, D., CREUTZIG, F., FERNANDEZ, B., LWASA, S., TOVAR-RESTREPO, M., MCEVOY, D. y SATTERTHWAITE, D. (2017). Climate change, equity and the Sustainable Development Goals: an urban perspective. *Environment and Urbanization*, 29, pp. 159–182. <https://doi.org/10.1177/0956247816677778>

RODRÍGUEZ, E. y J. M. GUTIÉRREZ (2018). *Escenarios-PNACC 2017: Nueva colección de escenarios de cambio climático regionalizados del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)*. <http://escenarios.adaptecca.es/doc/pnacc.pdf>

SANZ, M. J. y E. GALÁN, E. (editoras) (2020). *Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España*. Madrid: Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

SHI, L., CHU, E., ANGUELOVSKI, I., AYLETT, A., DEBATS, J., GOH, K., SCHENK, T., SETO, K. C., DODMAN, D., ROBERTS, D., ROBERTS, J.T. y VANDEVEER, S. D. (2016). Roadmap towards justice in urban climate adaptation research. *Nature Climate Change*, 6, pp. 131–137. <https://doi.org/10.1038/nclimate2841>

UK (2017). *UK Climate Change Risk Assessment 2017 Evidence Report*. Committee on Climate Change. <https://www.theccc.org.uk/tackling-climate-change/preparing-for-climate-change/uk-climate-change-risk-assessment-2017/>)