



Evaluación de riesgos e impactos
derivados del cambio climático en
España (ERICC-2025)

METODOLOGÍA
(VERSIÓN NO EDITADA)



Este capítulo forma parte de la siguiente publicación:

Título:

Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España (ERICC-2025)

Edición 2025

Asistencia técnica:

Instituto de Hidráulica Ambiental, Universidad de Cantabria (IH Cantabria)

Tecnalia Research and Innovation (Tecnalia)

Basque Centre for Climate Change (BC3)

Coordinación:

OECC: Patricia Klett Lasso de la Vega; Sara Rodríguez Rego; Francisco J. Heras Hernández; María Salazar Guerra; Vidal Labajos Sebastián

FB: Ana Lancho Lucini

IH Cantabria: Íñigo Losada Rodríguez, Laro González Canoura, Javier López Lara

Tecnalia: Efrén Feliu Torres, Beñat Abajo Alda, María Puig Fuentenebro

BC3: María José Sanz

Edición y maquetación:

Grupo Tangente

Con la colaboración de la Fundación Biodiversidad

Autor/Autores del capítulo:

Autores: Íñigo Losada Rodríguez, Laro González Canoura

Contribuyentes: Íñigo Aniel-Quiroga, María Puig Fuentenebro, Daniel Navarro Cueto, Beñat Abajo Alda, Efrén Feliu Torres



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edita: © SUBSECRETARÍA Gabinete Técnico

NIPO (línea en castellano): XXX-XX-XXX-X

ISBN: XXX-XX-XXXXX-XX-X

AVISO LEGAL: Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Este informe debe citarse de la siguiente manera:

Losada, I.J., Feliu, E. y Sanz, M.J. et al. 2025. Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España (ERICC-2025). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.

Contenido

1. introducción.....	5
2. Marco conceptual del riesgo	7
3. Resumen Metodológico	10
4. identificación de riesgos relevantes y riesgos clave	13
4.1. Procesos de validación.....	13
4.2. Análisis de las variables climáticas	13
4.3. Variables meteorológicas básicas	13
4.4. Variables climáticas derivadas.....	13
4.5. Indicadores compuestos.....	14
4.6. Variables sectoriales	14
4.7. Clasificación IPCC: Impulsores del cambio climático (CIDs).....	15
4.8. Definición de sectores.....	18
4.9. Autoría y contribuciones.....	18
4.10. Identificación de riesgos relevantes.....	19
4.11. Fuentes principales para la identificación de riesgos relevantes	19
4.12. Nomenclatura de riesgos.....	20
4.13. Elaboración de modelos conceptuales del riesgo de cada ámbito sectorial	21
4.14. Selección y validación de riesgos relevantes en cada sector.....	24
4.15. Identificación de riesgos clave.....	24
4.9.1 Selección de riesgos clave	28
5. Análisis de riesgos clave	29
5.1. Descripción del sector.....	29
5.2. Descripción de los riesgos clave	29
Cadenas de Impacto	29
5.3. Fuentes	30
5.4. Aspectos transversales	31
5.5. Umbrales críticos.....	32
5.6. Identificación de riesgo de bloqueo (lock-in)	33
5.7. Gobernanza	33
5.8. Déficits de información.....	33
5.9. Evaluación de la severidad de los impactos de riesgos clave	34
5.10. Niveles de Confianza.....	35
5.13 Niveles de Calentamiento.....	37
5.11. Recomendaciones de Priorización	38
5.12. Información adicional sobre riesgos complejos	39

5.13. Casos de estudio	40
6. Estructura del contenido de los capítulos sectoriales	41
7. Riesgos Complejos	44
7.1. Taller de co-creación del modelo	45
7.2. Desarrollo del modelo	45
7.3. Análisis de riesgos complejos	45
7.4. Taller de socialización	46
8. RECOMENDACIONES DE PRIORIZACION	47
8.1. Determinación de la urgencia del riesgo.	47
8.2. Evaluación del nivel de confianza en la severidad de los impactos asociados al riesgo y la consiguiente necesidad de seguimiento.	48
8.3. Consideración de las interacciones entre riesgos, a partir del análisis de riesgos complejos	48
8.4. Priorización de medidas.....	48

VERSIÓN NO EDITADA

1. INTRODUCCIÓN

Este documento corresponde a la Metodología de la **Evaluación de Riesgos e Impactos derivados del Cambio Climático en España** (ERICC-2025).

El análisis de riesgos utiliza el marco conceptual desarrollado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) en la sexta evaluación (AR6, 2022). En este contexto, el riesgo de que se produzca un impacto o un conjunto de impactos derivados del cambio climático es el resultado de la integración de tres componentes: peligro, exposición y vulnerabilidad. De acuerdo con dicho marco, los riesgos se incrementan si aumenta la peligrosidad de origen climático, la exposición o la vulnerabilidad o cualquier combinación de los anteriores. De igual modo, cualquier acción que contribuya a disminuir la peligrosidad, la exposición o la vulnerabilidad conduce a una reducción del riesgo. El estudio se desarrolla a nivel nacional, indicando adicionalmente la distribución territorial de cada riesgo clave en los casos en que éstos no presentan una homogeneidad geográfica. Asimismo, se hace énfasis en la actualización de la literatura y de las evidencias disponibles desde la publicación del estudio de “Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España” llevada a cabo en 2020.

La metodología seguida para la elaboración de los capítulos sectoriales sigue tres pasos. Inicialmente, se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica y una búsqueda de impactos históricos asociados a cada ámbito sectorial, con los que identificar los riesgos denominados genéricamente “riesgos relevantes” del sector. A continuación, sobre este listado inicial de riesgos se ha aplicado un análisis multicriterio (AMC) basado en criterios análogos a los que establece el IPCC (p.ej. alcance espacial del riesgo, afección a la población, impacto económico, irreversibilidad, entre otros), para la selección de los denominados “riesgos clave” sectoriales. Finalmente, se ha realizado un análisis más detallado de los riesgos identificados como clave. Este análisis abarca tanto los componentes del riesgo (peligro, exposición y vulnerabilidad), como diversos aspectos transversales relevantes. Entre ellos se incluyen los efectos transfronterizos, los riesgos compuestos, impactos en cascada, y otros aspectos como la vulnerabilidad social o territorial frente al riesgo o posibles casos de maladaptación. Además, se indica la gobernanza existente y las principales carencias de información, entre otros aspectos.

El documento metodológico establece los principios que guiarán todo el proceso de evaluación y que serán aplicados de forma homogénea en cada uno de los sectores analizados. En el informe final, cada ámbito contará con un capítulo específico donde se describirán los impactos y riesgos identificados, según la metodología definida.

Uno de los principales objetivos de esta propuesta es garantizar que el enfoque adoptado sea escalable, trazable, transparente y replicable, lo que permitirá su adaptación a distintos niveles territoriales y contextos sectoriales, su revisión y actualización en el tiempo, así como su reutilización en futuros análisis. Además, se pone el acento en la homogeneización de la información, como base para asegurar la coherencia y comparabilidad entre sectores.

Este capítulo de Metodología se estructura en nueve secciones. En primer lugar, se presenta una **introducción** que contextualiza el sector y define el alcance del análisis realizado. A continuación, se expone el **marco conceptual de riesgos** del IPCC, que es el adoptado de forma general en el proyecto, incluyendo un glosario de términos, adaptados del IPCC. Tras el resumen del **marco metodológico** que se utilizará para identificar los riesgos de los 14 ámbitos sectoriales, se describe de forma detallada la metodología que se seguirá para la identificación de **riesgos relevantes** y cómo, a partir de dicha identificación, se realiza la **selección de riesgos clave** a través de un análisis multicriterio. Posteriormente, se detalla el proceso a seguir para proceder con el **análisis de los riesgos clave** identificados, y la **estructura de los capítulos sectoriales**. Finalmente, se describe cómo **analizar los riesgos complejos** tras el análisis sectorial, y el **marco de evaluación del riesgo**, que permite generar recomendaciones de priorización.

La metodología aplicada para la identificación y desarrollo de los riesgos ha sido desarrollada en conjunto entre los autores principales de la Evaluación, la Oficina Española de Cambio Climático y un Grupo Asesor de Expertos, y se puede encontrar descrita con más detalle en el Capítulo de Metodología.

VERSIÓN NO EDITADA

2. MARCO CONCEPTUAL DEL RIESGO

El análisis de riesgos se realiza utilizando como marco conceptual el desarrollado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en el Sexto Informe de Evaluación AR6 (2023), expuesto por primera vez en el Informe SREX (2012) y que se ha venido modificando ligeramente en informes posteriores. El concepto de riesgo se utiliza de manera diferente en distintas disciplinas científicas y literatura relevante; por ello se aplican las definiciones AR6 como referencia para este estudio para así asegurar la consistencia con el marco del IPCC y otros estudios equivalentes. Para tener una visión más detallada del concepto de riesgo en AR6, recomendamos la lectura del documento de Reisinger et al 2020 “The Concept of Risk in the IPCC Sixth Assessment Report”¹.

En este contexto, los riesgos asociados al cambio climático hacen referencia a la posibilidad de que se produzcan impactos negativos sobre personas, ecosistemas, sectores económicos o infraestructuras, como resultado de fenómenos climáticos extremos o cambios graduales en el clima. Este riesgo se entiende como el resultado de la combinación de tres componentes: la peligrosidad (es decir, la probabilidad de que ocurran fenómenos climáticos extremos o cambios graduales en el clima), la exposición (la presencia de personas, ecosistemas, infraestructuras u otros elementos en zonas que podrían verse afectadas), y la vulnerabilidad (el grado en que esos elementos son sensibles o tienen capacidad limitada para adaptarse a los impactos). Según este enfoque, el riesgo aumenta cuando cualquiera de estos tres factores se incrementa.

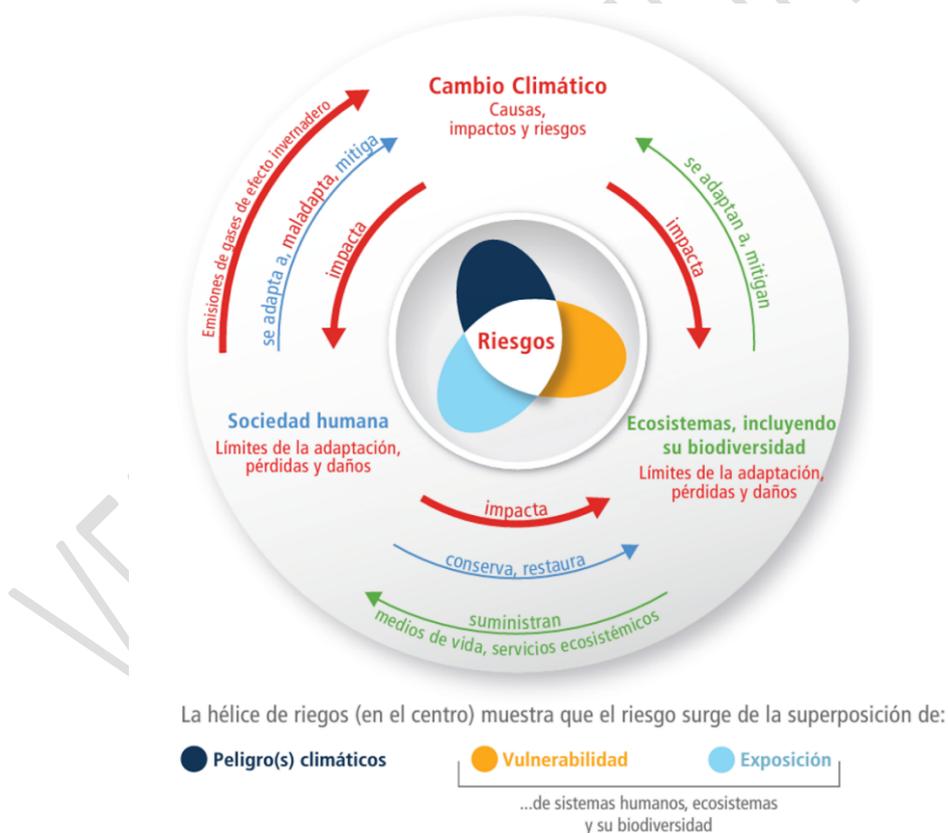


Figura 1. Marco conceptual de riesgo por Cambio Climático en IPCC AR6. Fuente: guía resumida del sexto informe de evaluación del IPCC (OECC)

¹ Reisinger, A., Howden, M., Vera C., et al (2020) The Concept of Risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A Summary of Cross-Working Group Discussions. IPCC, Geneva. Switzerland

A lo largo del texto se utilizarán las siguientes definiciones adaptadas del Glosario del IPCC²³ y también reflejadas en el Glosario de esta evaluación.

- **Riesgo:** En el marco de la evaluación de los impactos del clima, el término riesgo hace referencia al potencial de que se produzcan consecuencias adversas derivadas de un peligro relacionado con el clima, o de las respuestas de adaptación o mitigación a dicho peligro, sobre la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ecosistémicos), y la infraestructura. Los riesgos se derivan de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), la exposición a lo largo del tiempo (al peligro), así como el peligro (relacionado con el clima). Los peligros, la exposición y la vulnerabilidad pueden estar sujetos a incertidumbre en términos de magnitud y probabilidad de ocurrencia, y cada uno de ellos puede cambiar con el tiempo y el espacio debido a los cambios socioeconómicos y a la toma de decisiones humanas.
- **Peligro:** En el ámbito de los análisis de riesgos asociados al cambio climático y, por tanto, el seguido a lo largo de este informe, el concepto de peligro hace referencia al potencial de que un fenómeno climático o proceso físico, como un evento extremo (inundaciones, olas de calor, tormentas, sequías) o una tendencia gradual (aumento del nivel del mar, desertificación), cause daños a personas, infraestructuras, ecosistemas o actividades socioeconómicas. Según el marco conceptual del IPCC, que es la base metodológica que sustenta el trabajo presentado en esta revisión, el peligro no se limita a describir la existencia del fenómeno, sino que incorpora tanto sus características físicas (magnitud, duración, intensidad) como su probabilidad de ocurrencia, de forma que constituye un elemento dinámico dentro de la evaluación del riesgo climático. Este enfoque permite integrar la información científica más actualizada sobre escenarios de cambio climático y proyecciones de eventos extremos en los procesos de planificación y adaptación.

Cabe señalar que, en otros contextos, como la ingeniería, la seguridad física o la ciberseguridad, el término amenaza se utiliza para describir un factor externo o desencadenante que puede activar un peligro latente. Sin embargo, en el análisis de riesgos de cambio climático conforme al enfoque del IPCC, la amenaza se encuentra conceptualmente subsumida dentro de la definición de peligro, por lo que su uso separado no resulta necesario ni recomendable para evitar ambigüedades terminológicas.

- **Exposición:** se refiere a la presencia de personas, medios de vida, servicios ambientales, recursos, infraestructura o bienes económicos, sociales o culturales en zonas que pudieran verse afectados negativamente por un peligro, y, por tanto, sujetos a impactos, pérdidas o daños.
- **Vulnerabilidad:** propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación.
- **Riesgos de Respuesta:** el Sexto Informe de Evaluación introduce el concepto de riesgos de respuesta, que hace referencia a los riesgos derivados de las estrategias de gestión del cambio climático, incluyendo tanto sus consecuencias imprevistas como su impacto a largo plazo en el sistema climático y en la sociedad. Estos riesgos pueden surgir cuando las medidas implementadas no alcanzan los resultados esperados, generan efectos adversos adicionales que agravan el resto

² IPCC, 2023: Annex I: Glossary [Reisinger, A., D. Cammarano, A. Fischlin, J.S. Fuglestedt, G. Hansen, Y. Jung, C. Ludden, V. Masson-Delmotte, R. Matthews, J.B.K. Mintenbeck, D.J. Orendain, A. Pirani, E. Poloczanska, and J. Romero (eds.)]. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*

³ 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*

de las componentes del riesgo o interactúan de manera dinámica entre sí o con otros riesgos. Maladaptación, riesgos de bloqueo, efectos no previstos de medidas de descarbonización o adaptación (por incertidumbre, adopción de tecnologías, efectividad, etc...), o riesgos de transición, son algunos de los conceptos que se engloban dentro de los riesgos de respuesta. La literatura existente todavía no está aplicando este concepto de manera consistente o coherente, por lo que en esta evaluación los riesgos se representan con la trilogía “clásica” de peligro-exposición-vulnerabilidad, y los riesgos de respuesta se analizan dentro de los aspectos transversales.

- **Impacto:** consecuencias de los riesgos materializados en los sistemas humanos y naturales, donde los riesgos provienen de las interacciones entre los peligros relacionados con el clima (incluidos los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos), la exposición y la vulnerabilidad. Los impactos generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud y bienestar, ecosistemas y especies, bienes económicos, sociales y culturales, servicios (incluidos los servicios ecosistémicos) e infraestructuras. También pueden denominarse consecuencias o resultados.

Finalmente, es necesario mencionar que además de los riesgos, se identificarán oportunidades en los sectores analizados, entendidas éstas como factores que facilitan la planificación y ejecución de acciones de adaptación, que amplían las opciones de adaptación o que proporcionan co-beneficios.

VERSIÓN NO EDITADA

3. RESUMEN METODOLÓGICO

En esta sección se resume el marco metodológico que se adoptó para la realización del análisis de impactos y riesgos. Este marco ha sido aplicado en cada uno de los 14 ámbitos sectoriales en los que se ha realizado la identificación y análisis:

1. Salud humana.
2. Agua y recursos hídricos.
3. Patrimonio natural, biodiversidad y áreas protegidas.
4. Forestal, desertificación, caza y pesca continental.
5. Agricultura, ganadería, pesca y acuicultura y alimentación.
6. Costas y medio marino.
7. Ciudad, urbanismo y edificación.
8. Patrimonio cultural.
9. Energía.
10. Movilidad y transporte.
11. Industria y servicios.
12. Turismo.
13. Sistema financiero y actividad aseguradora.
14. Paz, seguridad y cohesión social.

Inicialmente, se llevó a cabo un diagnóstico descriptivo de las variables climáticas más relevantes de acuerdo con las identificadas en la literatura dentro de cada ámbito y la clasificación propuesta por el AR6 WGI del IPCC, que contempla seis categorías denominadas Impulsores del Impacto Climático (CID, por sus siglas en inglés). El capítulo de Variables Climáticas refleja los datos disponibles tanto de observación como proyecciones.

Una vez caracterizados los peligros, se procedió a la **identificación de los riesgos relevantes del sector (sección 4.1)**, para lo que se llevó a cabo una revisión bibliográfica y una búsqueda de impactos históricos asociados a cada ámbito sectorial. Los riesgos relevantes son aquellos impactos que tienen importancia significativa dentro del sector, subsectores o contextos específicos. A partir de los riesgos identificados, así como de la literatura, se elaboraron modelos conceptuales de riesgos sectoriales, que permiten identificar claramente las interrelaciones y factores que pueden contribuir a dichos riesgos o efectos en cascada.

A continuación, de entre los riesgos incluidos en el listado inicial, se realizó la **identificación de los riesgos clave (sección 4.10)**, para lo que se aplicó un análisis multicriterio (AMC) con base en criterios análogos a los que establece el IPCC (p.ej. alcance espacial del riesgo, afección a la población, impacto económico, características temporales del riesgo, entre otros). Así, los riesgos clave son un subconjunto de riesgos relevantes seleccionados según su potencial gravedad dentro del sector.

A continuación, se llevó a cabo el **análisis de esos riesgos identificados como clave (sección 5)**. Dicho análisis contiene una descripción narrativa del mismo, y, si existen datos que permitan realizar un análisis más profundo, se aborda otros análisis como el estudio espacial de las componentes del riesgo (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad), los aspectos transversales relevantes (transfronterizos, compuestos, en cascada, maladaptación, etc.), la gobernanza existente, los déficits de información, entre otros. Tanto la identificación de los riesgos relevantes como la de los riesgos clave serán validados en un taller junto con el grupo de asesores externos. Del análisis anterior, y una vez abordada la validación, se realizará la **evaluación de la severidad dichos riesgos clave**. Esta evaluación servirá para clasificar la severidad de los riesgos en Limitada, Sustancial, Crítica, o Catastrófica.

Finalmente, se incorporarán los riesgos complejos, abordando su identificación y análisis por medio de grafos y métricas locales.

La siguiente figura muestra un esquema que describe las primeras fases de la metodología para la identificación, análisis y evaluación de riesgos e impactos derivados del cambio climático, cuyos detalles se describen a lo largo de las siguientes subsecciones.

VERSIÓN NO EDITADA

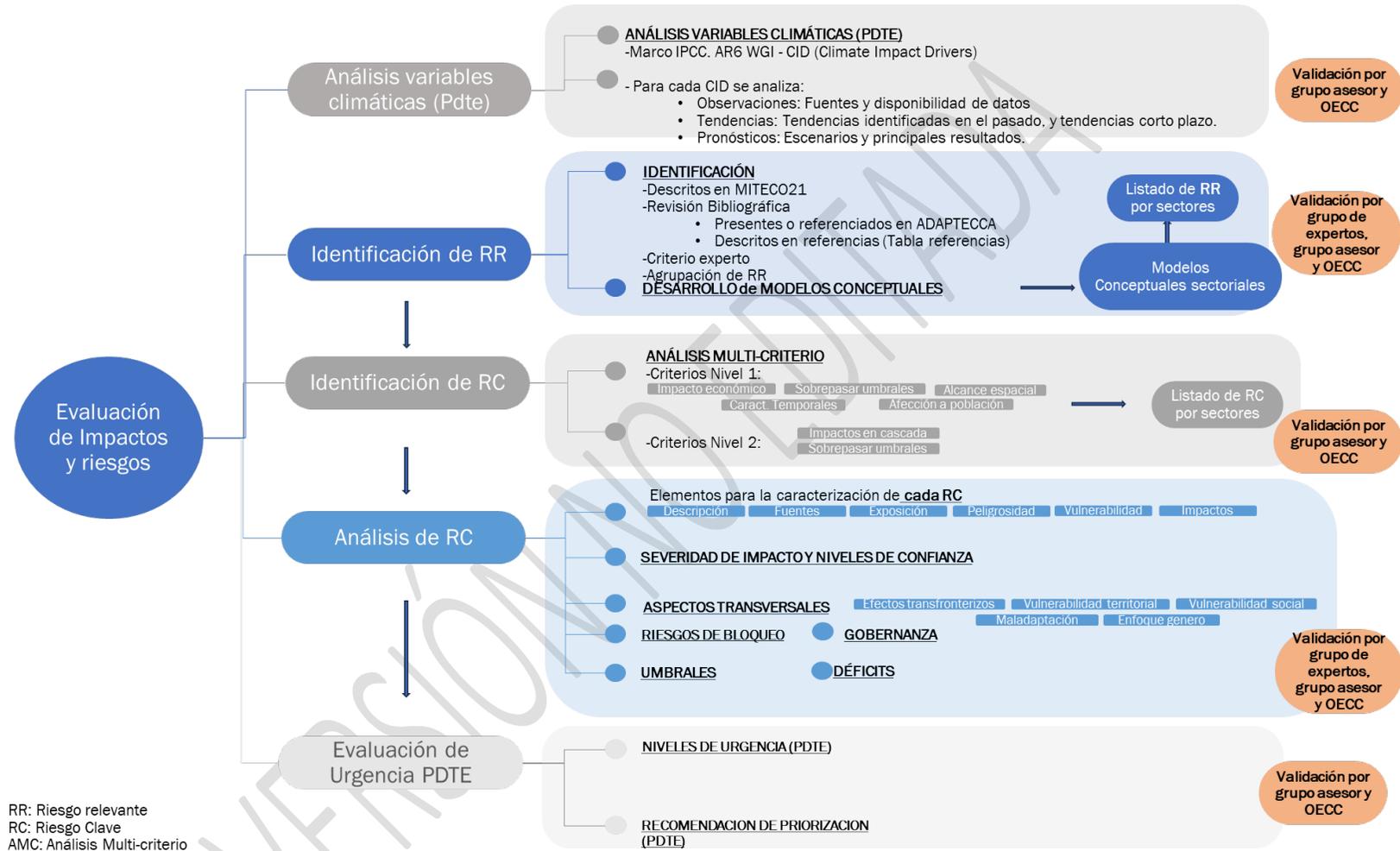


Figura 2. Fases para la identificación, análisis y evaluación de riesgos (PDTE actualización)

4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS RELEVANTES Y RIESGOS CLAVE

4.1. Procesos de validación

Tanto la metodología como el desarrollo de los capítulos sectoriales se ha llevado en colaboración con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), así como dos grupos de expertos: expertos sectoriales trabajando directamente con los autores en el desarrollo de los capítulos relevantes, y un segundo grupo asesor coordinado por la OECC, y que ha provisto validación y comentarios a los contenidos.

4.2. Análisis de las variables climáticas

La caracterización del clima y la evaluación de sus impactos requieren la utilización de distintos tipos de variables climáticas, cada una de las cuales aporta una perspectiva específica sobre el estado y la evolución del sistema climático. Estas variables se agrupan en función de su origen, su nivel de procesamiento y su aplicabilidad sectorial.

4.3. Variables meteorológicas básicas

Las variables meteorológicas básicas representan las medidas más directas y fundamentales del estado del tiempo o del clima. Entre ellas se encuentran la temperatura del aire, la precipitación, la velocidad y dirección del viento y la humedad relativa. Estas variables capturan los elementos esenciales que determinan la dinámica atmosférica y son la base sobre la que se construyen tanto los análisis climáticos como las proyecciones futuras.

Estas variables se obtienen principalmente a través de observaciones directas realizadas en estaciones meteorológicas, o de productos generados por modelos numéricos de reanálisis o de predicción operacional. Su importancia radica en que constituyen la referencia primaria para la interpretación de las condiciones climáticas a diferentes escalas temporales y espaciales. A través de su registro continuo, es posible detectar tendencias de cambio, identificar anomalías respecto a patrones históricos y analizar la ocurrencia de fenómenos extremos. Además, estas variables permiten alimentar modelos numéricos de predicción meteorológica y climática, proporcionando la información de entrada necesaria para simular el comportamiento futuro del sistema climático.

En el ámbito de la adaptación y la gestión de riesgos, las variables meteorológicas básicas resultan esenciales para calcular indicadores derivados que reflejan de manera más explícita los riesgos potenciales, como los índices de calor, las tasas de evaporación o la energía disponible para tormentas. Asimismo, su seguimiento actualizado es imprescindible para la toma de decisiones operativas en tiempo real, como en la gestión de eventos de emergencia relacionados con olas de calor, precipitaciones intensas o vientos extremos.

4.4. Variables climáticas derivadas

Las variables climáticas derivadas representan transformaciones o combinaciones de las variables meteorológicas básicas que permiten una comprensión más directa y operativa de los impactos potenciales del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. A diferencia de las medidas básicas, que describen el estado inmediato de la atmósfera, las variables derivadas capturan procesos y fenómenos que reflejan de forma más tangible las consecuencias del clima. Un ejemplo ilustrativo es la diferencia entre la precipitación —una variable meteorológica básica— y la escorrentía superficial —una variable climática derivada—, cuya generación puede inducir impactos concretos sobre los activos localizados en una

determinada área. También se incluyen en este grupo fenómenos extremos como las olas de calor o de frío, que consisten en periodos prolongados con temperaturas significativamente por encima o por debajo de lo normal, así como los eventos de sequía, caracterizados por déficits persistentes de precipitación que afectan la disponibilidad de agua y el funcionamiento de los ecosistemas.

La obtención de estas variables puede realizarse a partir de observaciones directas, o mediante modelos numéricos que simulan los procesos físicos, hidrológicos y oceánicos que las generan. En muchos casos, los modelos permiten estimar variables derivadas en regiones o periodos donde la disponibilidad de datos observados es limitada, complementando así la información disponible para el análisis de riesgos climáticos.

4.5. Indicadores compuestos

Los indicadores compuestos se obtienen a partir de la combinación o transformación de variables meteorológicas básicas, y están conceptualizados para reflejar la ocurrencia de condiciones extremas o la superación de umbrales críticos para sectores específicos. Su principal valor radica en su capacidad para sintetizar información climática en métricas directamente aplicables a la toma de decisiones de adaptación y gestión del riesgo.

A diferencia de las variables individuales, que pueden describir un aspecto concreto del estado atmosférico, los indicadores compuestos integran varios factores para proporcionar una representación más operativa de las amenazas climáticas. Por ejemplo, el índice de días de calor extremo no solo contabiliza temperaturas elevadas, sino que las asocia a umbrales críticos de riesgo para la salud pública o la operatividad de ciertos sectores económicos. De manera similar, el índice de aridez combina información de precipitación y evaporación para evaluar el estrés hídrico en ecosistemas y sistemas agrícolas, mientras que los índices de riesgo de incendios forestales incorporan variables como la humedad del suelo, la temperatura y la velocidad del viento para estimar la probabilidad de generación y propagación de incendios.

Estos indicadores son esenciales para operacionalizar los riesgos climáticos en sectores como la agricultura, la salud, el suministro de agua o la gestión de infraestructuras críticas como el transporte marítimo o el sector energético. Además, facilitan la monitorización y el seguimiento de los cambios climáticos a lo largo del tiempo, y permiten establecer sistemas de alerta temprana sector-específicos.

4.6. Variables sectoriales

Las variables sectoriales son aquellas específicamente adaptadas para capturar los impactos climáticos más relevantes en sectores estratégicos. A diferencia de las variables básicas o derivadas, estas variables están diseñadas considerando las necesidades, umbrales críticos y dinámicas propias de cada sector, lo que las convierte en herramientas esenciales para una planificación y gestión adaptativa más precisa.

Estas variables integran distintos aspectos climáticos y sectoriales, combinando datos meteorológicos con conocimiento específico de los sistemas sociales y económicos sobre los que se proyectan los impactos. De esta manera, facilitan la identificación de vulnerabilidades concretas y la priorización de medidas de adaptación eficaces. En el ámbito agrícola, por ejemplo, variables como la temperatura base para cultivos permiten anticipar rendimientos o detectar riesgos de estrés térmico. En el sector de la salud, indicadores como el número de noches tropicales —aquellas en las que la temperatura mínima no desciende por debajo de un umbral crítico— resultan fundamentales para evaluar los riesgos asociados al estrés térmico nocturno. De forma similar, en el sector energético, variables como la demanda de refrigeración ayudan a estimar el incremento en el consumo eléctrico asociado a periodos de altas temperaturas, información crucial para la planificación de infraestructuras y la gestión de la oferta energética. Por lo tanto, las variables sectoriales permiten trasladar la información climática al terreno operativo de sectores estratégicos como

los recogidos en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), fortaleciendo así la capacidad de anticipación y respuesta frente a los desafíos que plantea el cambio climático.

Cuadro 3. Tipos de variables climáticas y su aplicación en la adaptación sectorial

Para comprender el clima, evaluar sus impactos y orientar la adaptación, es necesario distinguir entre distintos tipos de variables climáticas. Cada grupo aporta información complementaria sobre el comportamiento del sistema atmosférico y su interacción con los sectores naturales, sociales y productivos.

- **Las variables meteorológicas básicas** constituyen las medidas directas del estado del tiempo, como la temperatura, la precipitación, el viento o la humedad relativa. Se obtienen principalmente mediante observaciones in situ o productos de reanálisis, y permiten detectar tendencias, identificar anomalías y alimentar modelos predictivos. Su seguimiento continuo es esencial tanto para la interpretación del clima como para la toma de decisiones operativas ante eventos extremos.
- **Las variables climáticas derivadas** se obtienen transformando o combinando variables básicas para capturar procesos de mayor complejidad, como la escorrentía, las sequías o las olas de calor. Estas variables permiten interpretar con mayor claridad los efectos del clima sobre los sistemas expuestos y se generan mediante observaciones, modelos numéricos o combinaciones de ambos. Son especialmente útiles cuando se desea representar fenómenos con implicaciones directas sobre la disponibilidad de recursos o los riesgos locales.
- **Los indicadores compuestos** sintetizan información múltiple en métricas que reflejan condiciones extremas o umbrales de riesgo sectorial. A partir de variables básicas, estos indicadores permiten estimar, por ejemplo, el número de días de calor extremo, el índice de aridez o el riesgo de incendios forestales. Se aplican para establecer umbrales de alerta, evaluar la exposición de sistemas productivos o definir límites críticos para la planificación sectorial.
- **Las variables sectoriales** se diseñan a medida para reflejar impactos específicos en sectores como la agricultura, la salud o la energía. Estas variables integran datos climáticos con criterios técnicos y umbrales propios de cada actividad. Permiten traducir la información climática en conocimiento operativo, como el riesgo de pérdida de rendimiento en cultivos, la exposición al estrés térmico en zonas urbanas o el incremento de la demanda eléctrica durante olas de calor.

4.7. Clasificación IPCC: Impulsores del cambio climático (CIDs)

El Sexto Informe de Evaluación del IPCC introduce el concepto de impulsores del cambio climático, conocidos por su acrónimo en inglés CIDs (Climate Impact Drivers). Los CIDs constituyen un marco conceptual que permite categorizar de manera sistemática las condiciones físicas del clima que afectan de forma significativa a los sistemas humanos y naturales. Este enfoque busca organizar la información climática no solo desde una perspectiva física, sino también considerando su relevancia práctica en la evaluación de impactos y riesgos.

De acuerdo con el IPCC, un CID es cualquier condición del sistema climático —ya sea una condición media o extrema— que, dependiendo del contexto, pueden tener efectos negativos, positivos o neutros sobre los sectores sociales, productivos ambientales y económicos. Su utilidad radica en que no prejuzgan si un cambio climático es necesariamente un riesgo o una oportunidad; la valoración depende del grado de exposición del sistema afectado y de su vulnerabilidad para anticipar las posibles consecuencias negativas del cambio climático. De este modo, un mismo fenómeno, como un aumento de la temperatura media,

puede ser perjudicial para un determinado sector, como la agricultura en una determinada región, al mismo tiempo, extender la temporada turística en otra.

Los principales grupos de CIDs se organizan en función de los procesos físicos dominantes del sistema climático, lo que permite agrupar fenómenos con características similares y, al mismo tiempo, facilitar su vinculación con impactos sectoriales. Esta estructura favorece una comprensión integrada de cómo los cambios en el clima se manifiestan en distintas regiones y escalas temporales. Los grupos incluyen:

- *Cambios térmicos*, que abarcan variaciones en temperaturas medias, máximas y mínimas, así como la frecuencia e intensidad de olas de calor o frío.
- *Cambios en la precipitación*, que comprenden tanto la cantidad total acumulada como la ocurrencia de eventos extremos, la intensidad de las lluvias y la duración de las sequías.
- *Cambios en el viento*, incluyendo variaciones en la velocidad media, las ráfagas intensas, o borrascas de alta intensidad.
- *Cambios en el nivel del mar*, observados tanto en su tendencia media como en eventos extremos que afectan especialmente a zonas costeras.
- *CIDs costeros*, donde se agrupan fenómenos como eventos extremos de oleaje, alteraciones en la salinidad o la acidificación del océano, con implicaciones directas para ecosistemas marinos y comunidades costeras.
- *CIDs criosféricos*, relacionadas con la extensión de la cobertura nival, la estabilidad del permafrost y la presencia o pérdida de hielo marino.
- *Otros CIDs*, que integran variables como la radiación solar, la humedad relativa o la presión atmosférica, relevantes en contextos específicos.

Cada uno de estos grupos puede desglosarse en categorías más detalladas, lo que permite una identificación más precisa de los fenómenos de interés para distintos sectores. Por ejemplo, los cambios térmicos no se limitan a la temperatura promedio, sino que incluyen condiciones extremas que generan impactos concretos, como el estrés térmico en poblaciones urbanas o el acortamiento del ciclo de cultivo en determinadas especies agrícolas. De igual forma, dentro de las condiciones criosféricas se pueden distinguir procesos como el deshielo estacional o la pérdida de estabilidad del permafrost, con implicaciones específicas para el transporte, las infraestructuras o los ecosistemas de alta montaña y latitudes elevadas.

Esta clasificación facilita la conexión entre los fenómenos climáticos y los sectores que dependen críticamente de ellos, proporcionando un marco común para evaluar riesgos y diseñar medidas de adaptación. La relación entre CIDs y sectores impactados es, por tanto, directa. Algunos ejemplos permiten ilustrar esta correspondencia de forma clara, tal y como se muestra en la Figura 3



Figura 3. Clasificación climática propuesta por el AR6 WGI del IPCC

La aplicación de los CIDs permite estructurar el diagnóstico del riesgo climático de forma integrada, facilitando la comunicación entre expertos climáticos, gestores sectoriales y tomadores de decisión. El concepto de CID introduce, además, una aproximación neutral: las condiciones del clima son caracterizadas en su magnitud, frecuencia, duración o extensión espacial, pero la interpretación de su impacto depende del sistema expuesto. Así, no se clasifica un CID como "amenaza" o "beneficio" de manera automática, sino que se reconoce que sus consecuencias varían en función de la vulnerabilidad, la exposición y la capacidad adaptativa de los sistemas afectados.

El concepto de Climate Impact Drivers (CID) ha sido sistematizado por el Grupo de Trabajo I del Sexto Informe de Evaluación del IPCC (AR6), como parte de un esfuerzo por categorizar las variables climáticas que tienen influencia directa en los sistemas humanos y naturales. Los CID disponibles incluyen tanto variables medias (como temperatura o precipitación) como eventos extremos (olas de calor, sequías, precipitaciones intensas, etc.) y están organizados en categorías físicas y biofísicas. Pueden consultarse y visualizarse a través del Atlas Interactivo del IPCC (Interactive Atlas), disponible en línea (<https://interactive-atlas.ipcc.ch>). Este recurso permite explorar la evolución histórica y futura de los CID en distintas regiones del mundo y bajo diferentes trayectorias de calentamiento.

Los datos disponibles en el Interactive Atlas proceden principalmente de dos fuentes:

- *Modelos climáticos globales CMIP6*, utilizados para las proyecciones de largo plazo del AR6. Estos modelos tienen una resolución espacial típica de entre 100 y 250 km, y ofrecen salidas desde el pasado histórico reciente (décadas de 1950–1980) hasta finales del siglo XXI, incluyendo múltiples escenarios de emisiones (SSP).
- *Modelos regionales de CORDEX*, utilizados para complementar el análisis en algunas regiones específicas. En el momento de elaboración del AR6, los únicos disponibles con cobertura suficiente eran los modelos CORDEX forzados con CMIP5, empleados anteriormente en el AR5. Estos modelos regionales ofrecen una resolución espacial de aproximadamente 50 km, y están disponibles para dominios como Europa (EURO-CORDEX), África (AFR-CORDEX) o Sudamérica (SAM-CORDEX). Su horizonte temporal abarca también desde el clima histórico hasta el año 2100, aunque con menor cobertura de escenarios que CMIP6.

Es importante señalar que los modelos regionales forzados con CMIP6 aún estaban en desarrollo al cierre del AR6, y de este capítulo, por lo que las proyecciones regionalizadas basadas en CMIP6 no están disponibles en el Interactive Atlas.

La selección de datos y su escala temporal y espacial debe hacerse en función del sistema analizado, el horizonte de planificación y la escala de decisión, considerando además las incertidumbres asociadas a cada fuente y su capacidad para representar promedios climáticos, extremos o variabilidad interanual.

Aunque los CIDs ofrecen una base poderosa para estructurar el análisis climático, es importante reconocer sus limitaciones.

Su definición está centrada en aspectos físicos del sistema climático y, por tanto, no captura toda la complejidad de las interacciones socioeconómicas, sociales ambientales o tecnológicas que modulan los impactos reales. Asimismo, los CIDs resultan adecuados principalmente para ciertos tipos de análisis climáticos sectoriales, pero no siempre son suficientes para abordar impactos compuestos, en cascada o de naturaleza compleja. Otro aspecto adicional que limita su aplicabilidad es la baja resolución espacial, lo que indudablemente conduce a una falta de definición de cara a la implementación de la adaptación.

Por tanto, el uso de CIDs debe entenderse como una herramienta fundamental pero complementaria dentro de evaluaciones de riesgo climático más amplias, en las que se incorporen factores adicionales como

cambios en la vulnerabilidad, la exposición dinámica de activos o las transformaciones de los sectores analizados en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC).

El capítulo de Variables Climáticas tiene como objetivo proporcionar el conocimiento necesario para entender el comportamiento de las variables climáticas que definen la peligrosidad como parte esencial del riesgo a nivel nacional. Asimismo, incluye algunos fundamentos técnicos sobre datos climáticos y su aplicación en el ciclo completo de la adaptación, facilitando así una mejor comprensión a lectores no especializados que estén interesados.

El capítulo ofrece una caracterización general del clima en España, tanto de su evolución histórica como de su posible evolución futura, haciendo uso de:

- Observaciones climáticas recientes, basadas en registros instrumentales y empíricos que permiten caracterizar la evolución del clima en España desde mediados del siglo XX.
- Proyecciones climáticas futuras, derivadas de modelos climáticos globales y regionalizaciones dinámicas y estadísticas, bajo distintas trayectorias socioeconómicas y escenarios de emisiones (SSP-RCP, por sus siglas en inglés) y horizontes temporales (2050 y 2100). Estas proyecciones corresponden, principalmente, a los resultados de las simulaciones de las iniciativas globales CMIP5 y CMIP6, así como a la iniciativa regional CORDEX.

Dentro de cada uno de estos bloques, la información se organiza en torno a los siguientes subsistemas, con un conjunto de variables e indicadores climáticos representativos:

- Atmósfera, que comprende variables como temperatura, precipitación, viento, humedad y fenómenos extremos.
- Océano, que incorpora temperatura, salinidad, nivel del mar, acidificación y circulación marina.
- Criosfera, que incluye nieve, hielo, glaciares y permafrost.

4.8. Definición de sectores

El PNACC 2 (2021-2030)⁴ identifica 18 ámbitos de trabajo, de los cuales 14 se analizan en esta evaluación. Los ámbitos sectoriales del PNACC están definidos de manera genérica, por ello, y para evitar solapes y duplicaciones de riesgos, este estudio ha hecho definiciones sectoriales basadas en trabajos anteriores similares y uso común dentro de la literatura de cada sector. Cada capítulo hará una descripción de su alcance en la introducción, para establecer los subsistemas y componentes incluidos en el análisis, los criterios utilizados, así como identificar otros componentes de relevancia que se analicen en alguno de los otros capítulos sectoriales.

4.9. Autoría y contribuciones

Cada capítulo del estudio es liderado y coordinado por un miembro del equipo de IHCantabria, Tecnalia o BC3. El desarrollo de los capítulos se hace en colaboración con los equipos de trabajo internos de cada organización, expertos temáticos externos, y la OECC y su grupo asesor. La autoría de cada capítulo se reconocerá en el Anexo Autores según el nivel de contribución (adaptado de los principios IPCC⁵):

- Autores Principales: Son responsables de la redacción y el contenido de los capítulos.
- Autores Contribuyentes: Aportan conocimientos o experiencia específicos en áreas determinadas. No son responsables del contenido completo de un capítulo, pero sus

⁴ MITECO (2020) Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2021-2023

⁵ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/09/ipcc-principles-appendix-a-final_es.pdf

contribuciones son esenciales para asegurar que el informe refleje una amplia gama de conocimientos y perspectivas.

- Agradecimientos: Revisores que aportan sus observaciones sobre la precisión e integridad del contenido científico, técnico y socioeconómico; así como personas o instituciones que han facilitado el trabajo de los autores a través del acceso a documentación, bases de datos, u otros recursos relevantes.

4.10. Identificación de riesgos relevantes

La metodología se centra en la recopilación de información sobre riesgos climáticos, sus componentes (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad) e impactos, así como el estudio de aspectos no climáticos, con el objetivo de desarrollar los modelos conceptuales asociados a cada ámbito sectorial. Estos modelos conceptuales permiten, con base en dicha recopilación y el criterio experto del grupo desarrollador del proyecto, elaborar una lista de riesgos relevantes para cada sector (ver Figura 2). En todo momento se tendrá en cuenta que la información recopilada deberá ser homogeneizada para su aplicación en la evaluación de la severidad del riesgo, en etapas posteriores del análisis. La lista de riesgos recopilados, así como los modelos conceptuales elaborados serán validadas por el grupo de expertos.

4.11. Fuentes principales para la identificación de riesgos relevantes

El enfoque para la identificación de riesgos relevantes tiene como punto de partida la información contenida en las versiones anteriores del documento en elaboración. Así, en este caso, el informe de MITECO (2021) titulado *Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España*⁶ sirve de base para la recopilación.

En aquellos sectores no incluidos en el informe MITECO (2021), la identificación complementaria de riesgos se ha realizado a través de las fuentes bibliográficas preidentificadas (ver Tabla 1), debiendo incorporar referencias basadas en estudios científicos (artículos) como fuente principal de información y, en segundo nivel, en referencias de informes, estudios y proyectos. Esta revisión bibliográfica incluye la información existente y disponible para España, tanto sobre la situación actual como sobre las proyecciones. Asimismo, se añadieron las referencias sugeridas por los expertos del equipo de trabajo.

Tabla 1 Referencias bibliográficas preidentificadas para la identificación de riesgos relevantes asociados a los ámbitos sectoriales reflejados en la convocatoria.

Sector	Referencias bibliográficas clave
Salud	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 7; European Environment and Health Atlas ⁵ , Copernicus Health Hub, PESETA IV, Sistema de Monitorización de la Mortalidad Diaria por todas las Causas (MoMo); Proyecto MACE (Mortalidad Atribuible en verano por Calor en España); EUCRA 2024.
Agua y Recursos Hídricos	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 4; PESETA IV; Datos de pérdidas por sequías; EUCRA 2024.
Patrimonio Natural, Biodiversidad y Áreas Protegidas	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 2 & CC 1; PESETA IV; Datos de estadística por incendios; EUCRA 2024.
Forestal, Desertificación, Caza y Pesca Continental	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 5 & CC 3; PESETA IV; EUCRA 2024.
Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura y Alimentación	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 5; PESETA IV; EUCRA 2024.
Costa y Medio Marino	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 3 & CC 2; PESETA IV, EUCRA 2024.
Ciudad, Urbanismo, Edificación	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 6; Consorcio de Compensación de Seguros; Datos de protección civil; Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas Significativas.

⁶ Sanz, M.J. y Galán, E. (editoras), 2020. Impactos y riesgos derivados del cambio climático en España. Oficina Española de Cambio Climático. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Madrid.

Patrimonio Cultural	ICOMOS 2019.
Energía	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 6; PESETA IV; Climate Vulnerability Considerations for the Power Sector: non-Nuclear Generation Assets; Climate Vulnerability Considerations for the Power Sector: nuclear Generation Assets; Extreme Weather and Climate Vulnerabilities of the Electric Grid: A Summary of Environmental Sensitivity Quantification Methods; Climate change impacts and costs to U.S. electricity transmission and distribution infrastructure; Assessing Climate Change Risks and Opportunities for Investors: oil and Gas Sector; EUCRA 2024.
Movilidad y transporte	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 6; CEDR, 20107; CEDR, 2012; CEN-CENELEC, 2021; Consorcio de Compensación de Seguros; Datos de protección civil; Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas Significativas; EUCRA 2024.
Industria y servicios	MITECO 2021; IPCC AR6 WGII Chapter 6; Consorcio de Compensación de Seguros; Datos de protección civil; Catálogo Nacional de Inundaciones Históricas Significativas.
Turismo	MAGRAMA 2016; MITECO 2021; JRC 2023; EUCRA 2024.
Sistema Financiero y Actividad Aseguradora	IPCC AR6 WGII Chapter 8; AMCESFI 2023; EUCRA 2024.
Paz, Seguridad y Cohesión Social	IPCC AR6 WGII Chapter 8; UNEP 2022; IPCC AR6 WGII Chapter 7 ; EUCRA 2024.

En esta recopilación se presta atención a fuentes que describan cuantitativa o cualitativamente los riesgos y/o sus componentes (peligrosidad, exposición y vulnerabilidad), así como sus impactos o consecuencias a diferentes niveles (población, medio ambiente, sistemas, etc.). Del mismo modo, se identificaron aquellos riesgos cuyo ámbito geográfico abarque todo el territorio nacional de forma general, o bien a alguna zona de manera específicamente reseñable.

Así, de manera sistemática, la identificación de riesgos relevantes se realiza siguiendo estos criterios:

- Identificación en la versión anterior del análisis MITECO (2021)
- Incorporación de riesgos complementarios presentes o referenciados en AdapteCCa y EUCRA⁷.
- Recopilación de riesgos en referencias identificadas, tanto cuantitativa como cualitativamente, priorizando el ámbito geográfico Nacional
- Identificación o puntualización de forma complementaria por los expertos del proyecto y/o el grupo asesor

Esto permite una preidentificación de riesgos clave y garantiza que los criterios generales de selección son suficientemente amplios como para generar una lista de riesgos relevantes representativa de la problemática española.

Cuando las propias características del sector lo permitan, los riesgos se agruparán buscando aspectos comunes, como, por ejemplo, por peligro, por impacto, o por las referencias existentes en el sector con base en el criterio de los expertos sectoriales. El objetivo de este agrupamiento es obtener una lista concisa de riesgos que limite de alguna manera su número, pero sin excluir ninguno de ellos, de manera que permita que su análisis posterior, en caso de considerarse un riesgo clave, sea completo.

4.12. Nomenclatura de riesgos

La nomenclatura de riesgos es muy variada dentro de la literatura dependiendo del marco conceptual y enfoque metodológico, y el sector en cuestión. Por ello en este estudio se aplican los siguientes principios para armonizar la nomenclatura de riesgos a lo largo de los distintos capítulos sectoriales, así como que el nombre del riesgo contenga suficiente información sobre sus componentes. Se toma como punto de partida la Guía IPCC (2020) sobre el concepto de riesgo.

⁷ EEA (2024) European Climate Risk Assessment EUCRA doi:10.2800/204249

- Los nombres empiezan con la indicación “Riesgo de...” para separar claramente riesgos de impactos u otras componentes del riesgo
- Siguiendo la definición IPCC, los riesgos representan el potencial de consecuencias negativas. Cuando los impactos pueden ser tanto positivos como negativos, se aplicará riesgos cuando las consecuencias negativas sean predominantes.
- Las consecuencias positivas se designarán como oportunidades. Dado el enfoque metodológico de este estudio, las oportunidades solo se identificarán a nivel de respuestas/co-beneficios de adaptación, y no a nivel de impactos.
- La nomenclatura del riesgo no lleva calificadores de probabilidad, estos se aplicarán tras el análisis
- El riesgo identifica el receptor del peligro en la medida de lo posible, aunque por nivel de agregación pueden ser genéricos. Los receptores de peligro son sistemas humanos, ecológicos o físicos. La inclusión de sistemas físicos se diferencia del enfoque IPCC debido a la naturaleza sectorial del PNACC y como se han definido los sectores.
- El riesgo identifica el peligro/impulsor de impactos climáticos (IIC-CID). En caso de riesgos multi-peligro se podrán utilizar referencias más genéricas como “eventos extremos” o “cambio climático”
- Algunos riesgos relevantes se agregarán en un único riesgo clave (tras el análisis multicriterio) si comparten el receptor del riesgo.

Por ello la nomenclatura más común en este estudio está estructurada como: Riesgo de [consecuencias negativas] en [receptor del riesgo] por [impulsor de impacto climático]. A continuación, se presentan varios ejemplos de definición del riesgo para el sector de movilidad y transporte:

- Riesgo de daños en firmes de carretera (p.ej. surcos, aparición de roderas, deformaciones, fisuras, baches, exudación, ablandamiento) por el aumento de las temperaturas.
- Riesgo de daños a la infraestructura ferroviaria y afección a la circulación por deslizamiento de laderas y caída de materiales y erosión en taludes, como consecuencia de lluvias intensas

4.13. Elaboración de modelos conceptuales del riesgo de cada ámbito sectorial

Con base en las actividades previas se elaboran modelos conceptuales para cada sector siguiendo el marco establecido en la Guía técnica para una evaluación integral de riesgos y planificación en el contexto de cambio climático desarrollada por la Oficina de Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres (UNDRR, 2022)⁸ y el documento del Joint Research Centre “Towards a European wide vulnerability framework” (Eklund et al 2023)⁹. El objetivo de la elaboración de estos modelos consiste en facilitar la comprensión de los elementos que contribuyen al riesgo de cada sector de una forma visual y simplificada.

Para ello, cada modelo representa de un modo sistemático cada componente del riesgo (peligro, exposición y vulnerabilidad) y desagrega la componente de la vulnerabilidad en cinco dimensiones (social, económica, gobernanza/política, ambiental y física) con el fin de orientar, a su vez, el posterior análisis de los riesgos clave. Se reflejan todos los riesgos relevantes identificados, con los riesgos clave resaltados. También se incluyen factores de riesgo subyacentes, entendidos como condiciones no directamente relacionadas con

⁸ UNDRR (2022) “Technical Guidance on Comprehensive Risk Assessment and Planning in the Context of Climate Change”, United Nations Office for Disaster Risk Reduction

⁹ Eklund, L.G., Sibilia, A., Salvi, A., Antoie, T., Rodomonti, D., Salari, S., Poljansek, K., Marzi, S., Gyenes, Z. and Corban, C. (2023). Towards a European wide vulnerability framework, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/353889, JRC118850.

el riesgo pero que pueden aumentar la vulnerabilidad y exposición de personas, comunidades, ecosistemas o sistemas económicos frente a peligros climáticos.

Adicionalmente, el modelo conceptual va acompañado de una descripción, la cual ofrece un mayor detalle de cada componente. A modo de ejemplo, dentro de la componente de vulnerabilidad se indicarán aquellos elementos que están relacionados con la sensibilidad o la capacidad adaptativa. Asimismo, se describirán de forma generalizada otros aspectos no incluidos en el modelo, como son los efectos transfronterizos o en cascada. Sin embargo, cabe indicar que el análisis de estos aspectos se llevará a cabo de una forma más profundo a nivel de riesgo clave, así como en el apartado de riesgos complejos.

La Figura 4 muestra el modelo conceptual elaborado para el sector de Turismo. Como se puede observar, a través de la descripción de las componentes del riesgo (peligrosidad, exposición, vulnerabilidad), se identifica a partir de la revisión bibliográfica los potenciales impactos y riesgos relevantes.

Tal y como se describe previamente, el objetivo de este modelo conceptual es ayudar a la comprensión de los resultados de la revisión bibliográfica del sector, así como de las interrelaciones entre las componentes del riesgo identificadas, lo que facilita considerablemente la aplicación posterior de los criterios para la elección de riesgos clave o la posible identificación de posibles estrategias de adaptación.

VERSIÓN NO EDITADA

EVALUACIÓN DE RIESGOS E IMPACTOS DERIVADOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO (ERICC-2025)

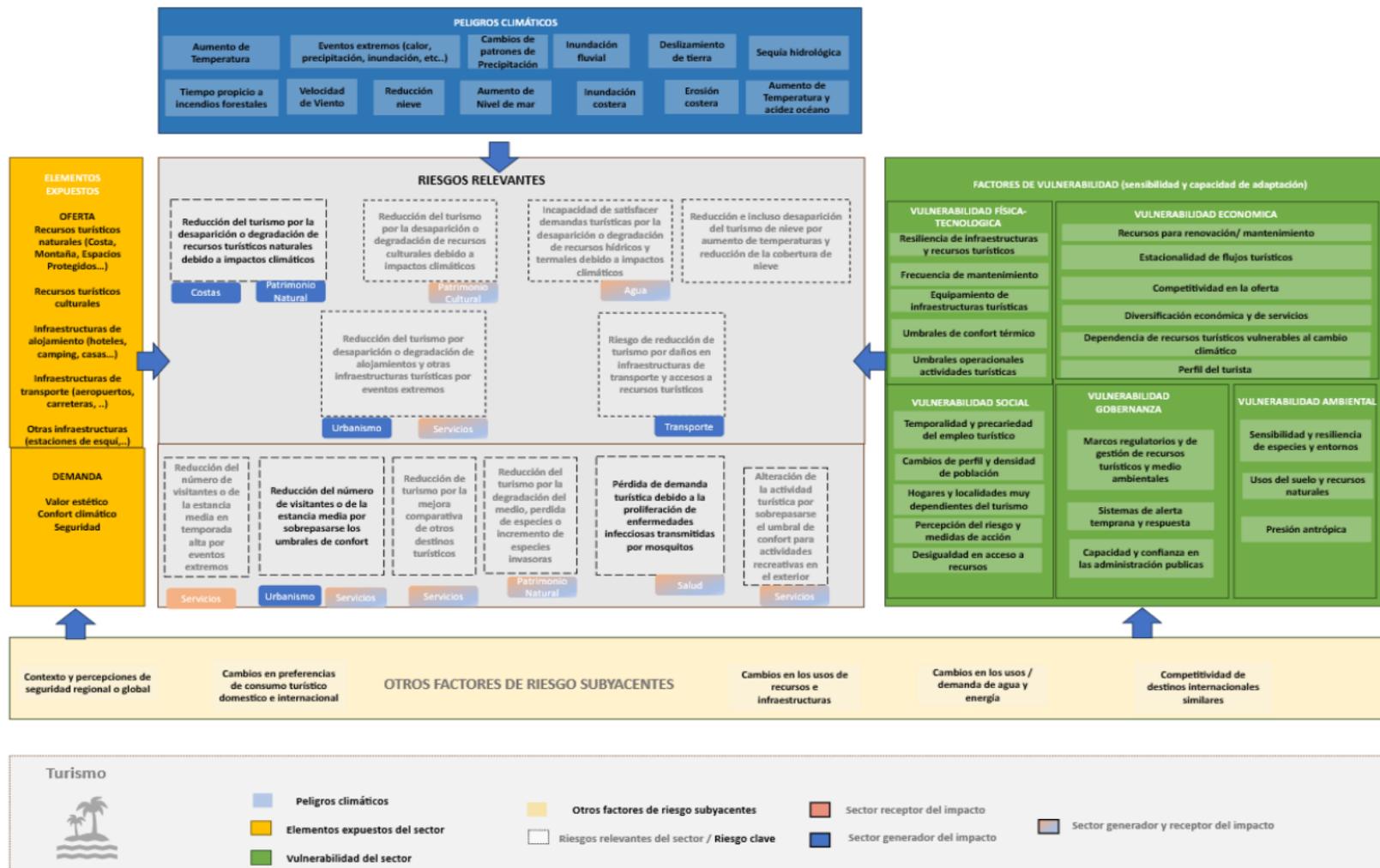


Figura 4. Modelo conceptual del sector Turismo.

4.14. Selección y validación de riesgos relevantes en cada sector

Como resultado del análisis de la bibliografía y referencias existentes, el experto sectorial procedió a la selección de los riesgos relevantes del sector en cuestión, proporcionando un listado preliminar.

Dicho listado fue compartido con la OECC y los expertos del equipo de trabajo para corroborar y validar la selección realizada. El proceso de validación conlleva a cambios de nomenclatura, agregación y desagregación de riesgos, así como la identificación de riesgos adicionales, para la obtención de un listado definitivo de riesgos relevantes. Es este listado que ha sido objeto del análisis multicriterio para la identificación de los riesgos clave dentro de cada sector.

La aplicación de esta metodología se recoge en el capítulo sectorial correspondiente.

4.15. Identificación de riesgos clave

El análisis multicriterio (AMC) de los riesgos relevantes permite identificar aquellos riesgos que son clave en cada sector, y que se desarrollaran con más detalle en cada capítulo sectorial.

Esta tarea se centra en la priorización de los riesgos relevantes identificados en la tarea anterior a través de un análisis multicriterio (ver Figura 2). Para realizar el AMC, se parte de los criterios de clasificación de riesgos del IPCC. De la lista inicial de doce criterios, se ha reducido el número a nueve, por ser estos los criterios que pueden aplicarse de manera común a la gran mayoría de riesgos con la información disponible. Cada criterio se evalúa en una escala de tres (Bajo, Medio o Alto) con magnitudes de referencia siguiendo el ejemplo de UKCCRA¹⁰ y EUCRA¹¹. La aplicación del AMC pretende ser un ejercicio básico de identificación inicial de riesgos clave, y no una herramienta de análisis detallado. El análisis más en profundidad se lleva a cabo en los riesgos clave.

Puesto que los estudios disponibles utilizan distintos horizontes temporales y escenarios climáticos, para la aplicación de estos criterios se toma como referencia un marco temporal a corto-medio plazo (2050-60), con escenarios RCP 4.5 o niveles de calentamiento 1,5-2 C°; utilizando la tabla de equivalencias IPCC¹² cuando sea necesario.

Niveles de calentamiento global por periodos de tiempo (media 20 años) para proyecciones climáticas RCP y SSP (CMIP5 y CMIP6). Referencia 1850-1900.										
Proyección	2021–2040			2041–2060			2081–2100			
RCP2.6	1.0	to	2.2	1.0	to	2.3	0.9	to	2.3	
RCP4.5	1.1	to	2.2	1.4	to	2.7	1.8	to	3.3	
RCP6.0	1.0	to	2.0	1.3	to	2.5	2.3	to	3.6	
RCP8.5	1.1	to	2.6	1.7	to	3.7	3.0	to	6.2	
SSP1–1.9	1.0	to	2.4	1.1	to	2.7	1.0	to	2.5	
SSP1–2.6	1.0	to	2.4	1.2	to	2.9	1.3	to	3.1	
SSP2–4.5	0.9	to	2.5	1.3	to	3.3	1.9	to	4.4	
SSP3–7.0	1.0	to	2.6	1.5	to	3.7	2.7	to	6.2	
SSP5–8.5	1.0	to	2.7	1.6	to	4.0	3.1	to	7.2	

En Table Cross-Chapter Box CLIMATE.1, Ara Begum et al (2022) Point of Departure and Key Concepts. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. WGII AR6 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-1/>

¹⁰ Watkiss and Betts (2021) Method. The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report

¹¹ EEA (2024) Annex 2 Method for structured risk assessment. European Climate Risk Assessment

¹² Ara Begum et al (2022) Point of Departure and Key Concepts. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability

Criterio 1. Alcance espacial del riesgo

Este criterio hace referencia a la amplitud del área geográfica o al número de instalaciones expuestas que podrían verse afectadas por un determinado riesgo. Cuanto mayor sea el área potencialmente impactada, mayor será la magnitud del riesgo. Para su evaluación se emplea una aproximación cuantitativa con dos potenciales escalas: por un lado, la escala de gobernanza, basada en el ámbito de las Comunidades Autónomas; y por otro, la escala territorial, basada en la amplitud del territorio afectado (km²).

Riesgo	Escala
Bajo	De 0 a 3 CCAA /o menos del 5% del territorio nacional (25.000 km ²).
Medio	De 4 a 6 CCAA /o entre 5 a 15% del territorio nacional (75.000 km ²).
Alto	Mas de 6 CCAA/o más de 15% del territorio nacional.

Criterio 2. Población afectada

Hace referencia a las consecuencias adversas sobre la población, incluyendo, fallecimientos, lesiones, afección socio-económica, malestar o ansiedad, entre otros. Dada la distinta naturaleza de los impactos de los distintos riesgos sobre la población, la escala contempla diferentes niveles de magnitud según la afección, empleando una aproximación cuantitativa.

Riesgo	Escala
Bajo	Menos de 10 muertes, decenas de impactos significativos sobre personas (salud, desplazamiento), miles de personas afectadas (afecciones menores).
Medio	Decenas de muertes, centenas de impactos significativos y decenas de miles de afectados.
Alto	Centenas de muertes, miles de impactos significativos, y cientos de miles de afectados.

Criterio 3. Impacto o peso económico¹³

Este criterio se refiere a la magnitud del impacto económico anual a nivel nacional que podría generar el riesgo evaluado. En algunos sectores, este impacto se estima únicamente a partir del Valor Añadido Bruto (VAB), que a efectos de este análisis se considera equivalente al impacto sobre el Producto Interior Bruto (PIB), al estar en un rango similar de magnitudes. En caso de que no se disponga de estimaciones directas del impacto, se realiza una aproximación basada en el peso económico del sector/subsector en riesgo. El principio por el que se rigen las escalas es de ordenes de magnitud (decenas, centenas, miles), similar a las escalas utilizadas en la evaluación del Reino Unido (UKCCRA)¹⁴, y por lo tanto no está referenciado a escalas preestablecidas a nivel nacional o europeo. Las indicaciones de porcentaje de PIB¹⁵ son para facilitar la identificación y comprensión de la magnitud dentro de la economía española.

Riesgo	Escala
Bajo	El impacto económico puede afectar negativamente de manera limitada al PIB nacional (decenas de millones de euros, <0,006% PIB) / o peso económico pequeño (0 a 1% del PIB nacional).

¹³ En algunos casos, se ha utilizado el Producto Interno Bruto (PIB) como criterio dentro del análisis multicriterio debido a la disponibilidad de datos consistentes y comparables. No obstante, se reconoce que el PIB no refleja de forma completa otras dimensiones relevantes del valor, como los beneficios ecosistémicos, la biodiversidad o los bienes no monetizados que también aportan significativamente al bienestar y al desarrollo sostenible. Esta limitación debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados.

¹⁴ Watkiss and Betts (2021) Method. The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report

¹⁵ El PIB de España en 2023 (tras la revisión estadística RE-2024) es de 1.498.324 millones de euros.

Medio	El impacto económico puede afectar negativamente de manera significativa al PIB nacional (centenas de millones de euros, entre el 0,006 % y el 0,066 % PIB) / o peso económico mediano (entre el 1 y el 5% del PIB nacional).
Alto	El impacto económico puede afectar negativamente de manera substancial al PIB nacional (miles de millones de euros, >0,066 % PIB) / o peso económico alto (más del 5% del PIB nacional).

Criterio 4. Características temporales del riesgo

Este criterio hace referencia al horizonte temporal en el que se materializan las consecuencias negativas del riesgo, así como a su persistencia. Así, los riesgos que tienen una alta probabilidad de materializarse de forma inmediata o en el corto plazo suponen un mayor riesgo.

Riesgo	Escala
Bajo	Alta probabilidad de que los potenciales impactos se produzcan de manera importante a largo plazo (más de 30 años).
Medio	Alta probabilidad de que los potenciales impactos se produzcan de manera importante a medio plazo (entre 10 y 30 años).
Alto	Alta probabilidad de que potenciales impactos ya se están produciendo de manera importante o se prevé que lo sean en un plazo corto de tiempo (menos de 10 años).

Criterio 5. Efectos distributivos negativos graves

Estos efectos se producen cuando las consecuencias del riesgo afectan de forma desigual a diferentes personas, colectivos, especies, patrimonio cultural y natural, o territorios, lo que indica una concentración del riesgo.

Riesgo	Escala
Bajo	La distribución de las consecuencias adversas no incide de manera específica, o lo hace de forma muy limitada en colectivos o territorios especialmente vulnerables.
Medio	La distribución de las consecuencias adversas incide de manera específica en colectivos o territorios especialmente vulnerables.
Alto	La distribución de las consecuencias adversas incide de forma significativa y específica en colectivos o territorios especialmente vulnerables.

Criterio 6. Potencial de desencadenar impactos en cascada

Este criterio se refiere al efecto en cascada que podría desencadenarse cuando la materialización de un riesgo genera una secuencia de eventos secundarios en los sistemas naturales y humanos que provocan trastornos físicos, naturales, sociales o económicos, cuyo impacto total resulta mucho mayor que el impacto inicial. Dada la limitada disponibilidad de estudios específicos en la literatura, se realizará una aproximación basada en criterio experto.

Riesgo	Escala
Bajo	El riesgo no produce, o lo hace de manera limitada, efectos en cascada.
Medio	El riesgo puede generar efectos en cascada significativos dentro del mismo sector.
Alto	El riesgo puede desencadenar efectos en cascada más allá de las fronteras del sistema original, afectando a otros sectores o ámbitos.

Criterio 7. Potencial para sobrepasar ciertos umbrales

Este criterio se refiere al potencial de sobrepasar un determinado umbral a partir del cual la magnitud del riesgo aumenta sustancialmente. Estos umbrales pueden ser biofísicos, ingenieriles, de desarrollo o relacionados con políticas públicas o marcos regulatorios.

Riesgo	Escala
Bajo	El potencial de sobrepasar un determinado umbral, a partir del cual la magnitud del riesgo aumenta sustancialmente, es bajo.
Medio	El potencial de sobrepasar un determinado umbral, a partir del cual la magnitud del riesgo aumenta sustancialmente, es medio.
Alto	El potencial de sobrepasar un determinado umbral, a partir del cual la magnitud del riesgo aumenta sustancialmente, es alto.

Criterio 8. Capacidad de recuperación

Este criterio se refiere a aquellos riesgos cuyas consecuencias no son reversibles o son de difícil recuperación. Esto implica un mayor nivel de riesgo en comparación con aquellos que afectan a sistemas más resilientes. Puesto que tanto el horizonte temporal como los recursos necesarios para la recuperación varían entre distintos sistemas, especialmente en los sistemas naturales, no existe una escala común, sino que la evaluación se realiza en función de las características específicas de los receptores del riesgo.

Riesgo	Escala
Bajo	Las consecuencias del riesgo producen daños menores que requieren pocos recursos o se recuperan en un periodo corto de tiempo.
Medio	Las consecuencias del riesgo producen daños que requieren recursos significativos o un plazo medio de tiempo para su recuperación.
Alto	Las consecuencias del riesgo no son reversibles, la recuperación requiere un largo plazo de tiempo, o suponen un coste muy superior al valor del activo.

Criterio 9. Capacidad para adaptarse o reducir el riesgo

Se refiere a la capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias. El riesgo se considera más severo cuando el sistema afectado presenta una capacidad limitada de respuesta ya sea para reducir el peligro, su exposición o su vulnerabilidad.

Riesgo	Escala
Bajo	Hay planes de adaptación que reducen el riesgo y se están ejecutando.
Medio	Hay acciones potencialmente reductoras del riesgo, pero que no se están aplicando.
Alto	No se tiene conocimiento de la existencia de acciones reductoras del riesgo eficaces o eficientes dentro de los recursos disponibles.

Como se ha indicado anteriormente, tres criterios fueron considerados inicialmente, pero se descartó su aplicación independiente en esta fase de evaluación de riesgos relevantes.

Criterio	Descripción	Justificación
Probabilidad de que se produzcan dichas consecuencias adversas	Una mayor probabilidad supone a priori un mayor nivel de riesgo sea cual sea la escala.	Este criterio se ha integrado con el criterio "Características temporales del riesgo", ya que se ha considerado que la probabilidad requiere un marco temporal.
Aceptabilidad social del riesgo	Aquellos riesgos que son socialmente considerados como	En el análisis inicial no se han encontrado evidencias sobre la

	inaceptables son considerados con mayor severidad.	percepción del riesgo para la práctica totalidad de los riesgos relevantes por lo que difícilmente puede utilizarse como un criterio de selección homogéneo. No obstante, los riesgos clave sí incorporarán este nivel de análisis.
Impacto sobre las políticas nacionales	Corresponde con los riesgos que impactan negativamente sobre las políticas estratégicas nacionales, como la descarbonización a largo plazo, agenda 2023, entre otras.	Este criterio requeriría un análisis en profundidad de cada riesgo en relación con múltiples políticas estratégicas que excede del cometido del AMC. No obstante, los riesgos clave sí incorporarán este nivel de análisis.

La aplicación completa de este AMC a los riesgos relevantes se recogerá en el anexo “AMC de riesgo clave”.

4.9.1 Selección de riesgos clave

Tras la aplicación del AMC, cada riesgo relevante dentro de cada ámbito obtiene una puntuación. La selección final de riesgos clave sectoriales se lleva a cabo escogiendo los tres riesgos relevantes con mayor puntuación. En caso de empate de puntuación en el tercer clasificado, se incluyen adicionalmente aquellos con los mismos puntos. De esta manera cada ámbito sectorial tendrá entre tres y cinco riesgos clave sobre los que se llevará a cabo un análisis más en profundidad. Algunos riesgos relevantes que, aun no siendo seleccionados como clave, sean considerados significativos, recibirán un desarrollo más amplio en el capítulo sectorial correspondiente para resaltar su importancia. Asimismo, si algún riesgo clave está estrechamente relacionado con otro riesgo clave de un sector distinto, podrá abordarse dentro del análisis del riesgo más integrador de ambos para evitar duplicidades.

5. ANÁLISIS DE RIESGOS CLAVE

5.1. Descripción del sector

Cada capítulo sectorial hace una descripción de su alcance en la introducción, para establecer los subsistemas y componentes incluidos en el análisis, así como identificar otros componentes de relevancia que se analicen en otros capítulos sectoriales.

5.2. Descripción de los riesgos clave

El objetivo de esta parte del trabajo es realizar una caracterización exhaustiva de los riesgos clave que permita al usuario de la información entender los elementos principales que inducen ese riesgo, así como sus consecuencias.

Por tanto, el primer paso en el análisis de los riesgos identificados como clave en la fase anterior es el desarrollo de una descripción del mismo que de forma narrativa caracterice el riesgo y sus componentes (ver Figura 2), incluyendo procesos y factores que influyen en dicho riesgo (tanto impulsores de riesgo climáticos y no climáticos, como los aspectos socioeconómicos que influyen en la exposición y vulnerabilidad). A modo ilustrativo, se utilizarán cadenas de impacto específicas para cada riesgo clave. Esta descripción se estructura de la siguiente manera:

- Descripción general del riesgo.
- Análisis del peligro. Impulsores de riesgo climáticos y no climáticos.
- Evaluación de la exposición.
- Análisis de la vulnerabilidad.
- Análisis de los Impactos/Consecuencias: riesgos y oportunidades.
- Cadenas de impacto elaboradas mediante un modelo tipo árbol de problemas.

Cadenas de Impacto

Cada componente de la cadena de impacto de un riesgo clave sigue la misma lógica que el modelo conceptual, identificando los peligros, los elementos expuestos y los factores de vulnerabilidad relevantes según tipología, así como impactos e interconexiones. La Figura 5 debajo refleja la cadena de impacto del Riesgo Clave 5.1 Riesgo de daños o pérdidas de cosechas por estrés hídrico, aumento de periodos de sequía y menor disponibilidad de agua, en el Capítulo 5 - Agricultura, ganadería, pesca y acuicultura y alimentación.

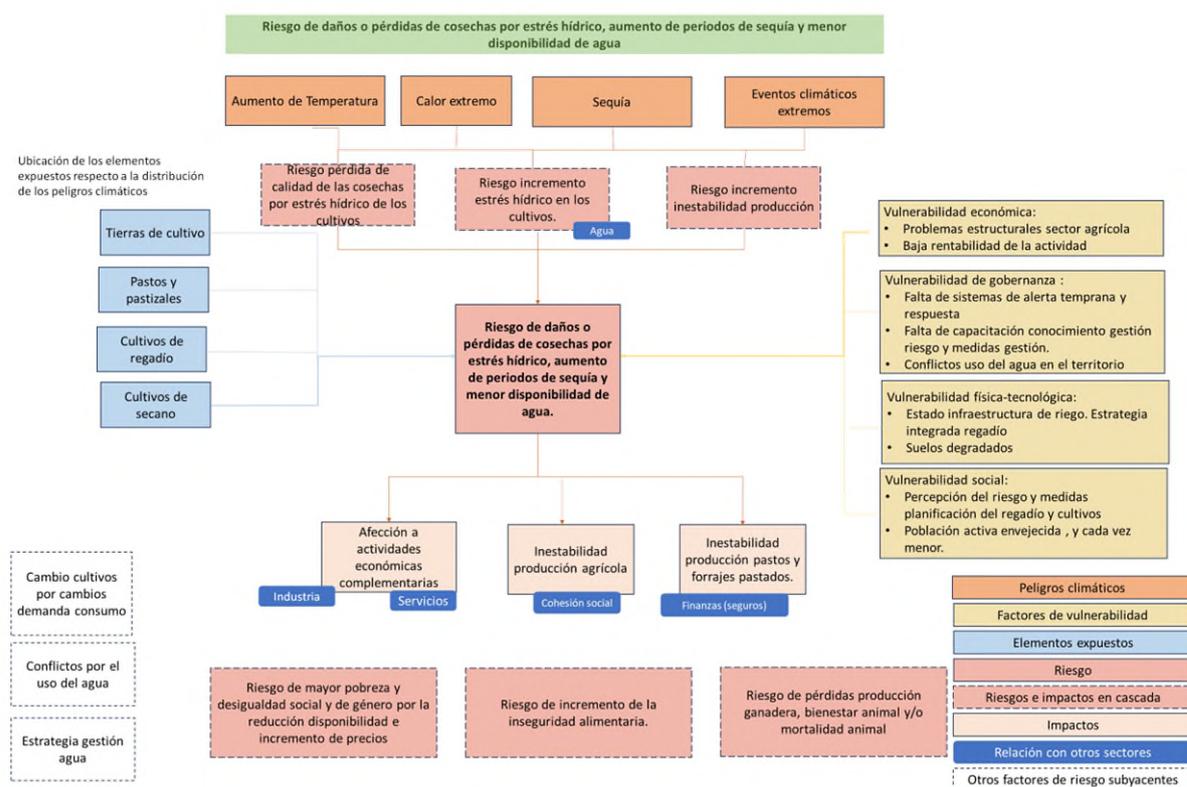


Figura 5 RC5.1 Riesgo de daños o pérdidas de cosechas por estrés hídrico, aumento de periodos de sequía y menor disponibilidad de agua.

5.3. Fuentes

Para asegurar la transparencia y trazabilidad, todas las fuentes utilizadas para la identificación y análisis del riesgo clave son citadas a lo largo del texto utilizando el sistema de referencias normalizado estilo Harvard y que se utiliza comúnmente en documentos y publicaciones académicas académicos en la bibliografía del capítulo. Dentro del texto las citas pueden tomar dos formas: si el autor es mencionado directamente, se incluye el año de publicación entre paréntesis “apellido (año)”, si es una cita estándar se aplica entre paréntesis la fórmula “(apellidos año)”.

En el caso de legislación, el uso común en documentos legales es el código de la ley, que puede dar lugar a confusión a lectores no conocedores de las distintas regulaciones y leyes. El formato Harvard comúnmente requiere indicar el nombre de la ley y año. Dado que algunas piezas de legislación españolas tienen nombres bastante largos, se aplica un Harvard abreviado, por ejemplo:

Código	Nombre completo	Harvard Abreviado
Ley 7/2021	Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.	(Ley de cambio climático, 2021).
Ley 8/2011	Ley 8/2011, de 28 de abril, por la que se establecen medidas para la protección de las infraestructuras críticas.	(Ley de infraestructuras críticas, 2011).

Real Decreto 300/2004	<i>Real Decreto 300/2004, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento del seguro de riesgos extraordinarios.</i>	(Real Decreto del seguro de riesgos extraordinarios, 2004).
Real Decreto-ley 4/2023	<i>Real Decreto-ley 4/2023, de 11 de mayo, por el que se adoptan medidas urgentes en materia agraria y de aguas en respuesta a la sequía y al agravamiento de las condiciones del sector primario derivado del conflicto bélico en Ucrania y de las condiciones climatológicas, así como de promoción del uso del transporte público colectivo terrestre por parte de los jóvenes y prevención de riesgos laborales en episodios de elevadas temperaturas.</i>	(Real Decreto-ley sobre sequía, Ucrania, transporte público y riesgos laborales, 2023).

Todas las citas tienen su referencia bibliográfica completa dentro de la bibliografía de cada capítulo. La excepción es este capítulo de Metodología, que indica las referencias en notas a pie de página, para facilitar la comprensión de cada sección individual.

5.4. Aspectos transversales

- Efectos transfronterizos. Para cada riesgo clave se analizará tanto su potencial para generar efectos transfronterizos —ya sea afectando a países vecinos o recibiendo impactos desde ellos— como la influencia que pueden tener los riesgos originados fuera del territorio nacional sobre ese riesgo. Se identificarán de manera cualitativa los impactos del cambio climático más allá de nuestras fronteras que pueden tener repercusiones importantes en España. Para ello se hará una recopilación de proyectos específicos que están tratando estas cuestiones y se realizará un análisis basado en criterio experto de informes, especialmente de la UE y con cobertura de impactos sectoriales globales (más allá de las fronteras físicas de España) en los que se analice qué impactos en dichos territorios pueden tener efectos transfronterizos en España y viceversa.
- Vulnerabilidad territorial. Dado que los impactos se distribuyen de manera desigual en España —debido a su tamaño, las diferencias en niveles de exposición y capacidad adaptativa, así como la diversidad de tipologías territoriales—, se identificarán, para cada riesgo clave, las zonas con mayores niveles de riesgo.
- Vulnerabilidad social. Distintos grupos sociales experimentan los impactos de manera desigual, debido a distintos niveles de vulnerabilidad relacionados con variables sociodemográficas, dinámicas económicas y/o demográficas, así como a la capacidad adaptativa. Así, ciertos grupos podrían verse especialmente afectados por determinados peligros climáticos, lo que hace

fundamental su identificación para que las políticas públicas y las medidas de adaptación contribuyan efectivamente a reducir tal vulnerabilidad.

- **Maladaptación.** Las acciones de maladaptación son aquellas que pueden incrementar total o parcialmente los efectos negativos del cambio climático, sea incrementando la exposición y/o vulnerabilidad, aumentando las emisiones (o minorando su mitigación) o reduciendo los incentivos a medidas de adaptación. Se realizará un primer análisis de la información disponible en materia de maladaptación en España. Sin embargo, la literatura en este campo es limitada y que se trata de un concepto cuya definición sigue siendo debatida. Por ello, se trabajará fundamentalmente en la selección de un conjunto de riesgos clave en los que se identificarán posibles causas de maladaptación a la hora de implementar posibles medidas de adaptación. Es decir, más que la identificación de procesos de maladaptación claramente documentados, se considera que esta componente será fundamentalmente de concienciación y advertencia.
- **Enfoque de género.** Inicialmente, todos los análisis de la información existente identificarán de manera específica el enfoque de género, analizando aquellos aspectos que bien por su exposición o vulnerabilidad pueden tener efectos diferenciados entre mujeres y hombres. En el caso de que dicho aspecto no haya sido analizado se utilizará la información específica existente sobre cambio climático y género para alimentar la caracterización de los riesgos clave con aquellos factores que pudieran ser determinantes.

5.5. Umbrales críticos

Los umbrales críticos representan niveles a partir de los cuales hay un cambio en las dinámicas del riesgo pudiéndose sobrepasar la capacidad de adaptación o el nivel de riesgo admisible. Los umbrales críticos son especialmente relevantes a la hora de considerar la severidad del riesgo, dado que pueden representar cambios significativos o requerir la implementación de medidas de adaptación. Asimismo, los umbrales son factores que también pueden determinar los límites de adaptación ya sean blando o duros, de acuerdo con la terminología del IPCC.

Por ello, en el marco del proyecto se comenzará por identificar en la literatura aquellos umbrales que hayan sido determinados para los diferentes riesgos clave. Para realizar una clasificación estructurada, se va a considerar la siguiente tipología de umbrales.

- Umbrales biofísicos, rangos y límites del medio natural (incluyendo la biología humana).
- Umbrales ingenieriles, estándares y tolerancias de bienes ante parámetros climáticos.
- Umbrales de desarrollo, donde acciones antropogénicas pierden su efectividad a partir de un punto crítico y se requiere un cambio de opción o estrategia.
- Umbrales de políticas públicas, establecidos legislativamente o vía regulaciones, y que indican niveles de riesgo aceptables o asumibles en el ámbito sociopolítico.

Dado que los umbrales son inherentes al elemento expuesto, su funcionalidad y/o integridad, se analizará si la literatura establece umbrales cuantitativos para las tipologías anteriores y para los diferentes inductores climáticos del riesgo considerado. Estos umbrales serán susceptibles de ser superados para diferentes combinaciones de horizontes temporales y escenarios de emisiones. Si estos umbrales han sido identificados y su magnitud establecida, se incluirá en la caracterización del riesgo clave correspondiente. En el caso de que la identificación de umbrales o su magnitud no aparezca reflejada en la literatura, se utilizará un criterio experto para concienciar sobre la existencia de estos umbrales y las posibles consecuencias de superarlos.

5.6. Identificación de riesgo de bloqueo (lock-in)

Una vez identificados y caracterizados los riesgos clave se realizará un análisis específico para la identificación de posibles riesgos de bloqueo basados en criterio experto. Este bloqueo se refiere a aquellas situaciones en la que el desarrollo futuro de un sistema, incluidas las infraestructuras, las tecnologías, las inversiones, las instituciones y las normas de comportamiento, está determinado o limitado ("bloqueado") por la evolución histórica (IPCC, WGII y WGIII). Estos riesgos están asociados, por ejemplo, a medidas adoptadas que podrían incrementar el riesgo o vulnerabilidad futuras y que pueden ser difíciles o muy costosas de revertir. Esta aproximación es principalmente en forma de descripción cualitativa y podrá incluir, si están disponibles, aspectos relacionados con gobernanza y percepción. Este concepto también se denomina "encerramiento" en algunos glosarios¹⁶.

5.7. Gobernanza

Dada la naturaleza multinivel de la gobernanza en la gestión de riesgo desastres y en la adaptación al cambio climático, para cada riesgo clave se identificará cuáles son las entidades dentro de los diferentes niveles de gobernanza tanto vertical (estatal, CCAA, Diputaciones, Municipalidades) como horizontal. Esto es no solo para las administraciones con las competencias necesarias para abordar la reducción de dicho riesgo, sino que también incluye otros actores públicos, de la sociedad civil o privados relevantes a los componentes del riesgo.

Por otro lado, se identificarán las políticas o planes existentes para abordar dicho riesgo, sus sinergias y los posibles conflictos con otros planes o estrategias.

Se describen los instrumentos de adaptación y planes de descarbonización/neutralidad climática relevantes a la gestión de cada riesgo clave. Esto incluye, al menos:

- Políticas, estrategias y planes de gestión territorial o sectorial nacionales o regionales en vigor (PNACC 2021-2030, PNIEC 2021-2030);
- Las normas, directrices y códigos de práctica específicos de los sectores afectados (Código Técnico de Edificación);
- Requisitos legales y de otro tipo;
- Planes, compromisos y estrategias supranacionales (Directrices Unión Europea, acuerdos del Consejo de Europa, tratados y acuerdos internacionales, Naciones Unidas...).

5.8. Déficits de información

El análisis de la información y caracterización de riesgos relevantes y claves permitirá tener una visión global de la situación actual del conocimiento del riesgo climático en España por sectores. Por ello, para los riesgos clave o aquellos riesgos relevantes que se considere necesario se identificarán déficits de información que limiten:

¹⁶ 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 [Masson-Delmotte V., 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.)]

- La caracterización completa del riesgo, sus cadenas de impacto, su distribución espacial y magnitud o sus posibles efectos en cascada e interacción con otros riesgos.
- El nivel de confianza e incertidumbre de su caracterización.

Por ello, se incluirá una sección específica en la que se identifiquen los gaps y necesidades de información priorizada en función de factores tales como: impacto de su cobertura, urgencia o dificultad técnica.

5.9. Evaluación de la severidad de los impactos de riesgos clave

Para la evaluación de los potenciales impactos de los riesgos clave y de su severidad se sigue un proceso de homogeneización que, independientemente de la metodología empleada, permite su aplicación de forma comparada en las fases posteriores del proyecto. Por ello, cada riesgo es evaluado según una tabla con umbrales cuantitativos predefinidos, siguiendo los modelos del CCRA3 del Reino Unido (2021)¹⁷, UNDRR (2022)¹⁸ y EUCRA (2024)¹⁹. Aunque este ejercicio guarda similitudes con el análisis AMC previo para riesgos relevantes, el objetivo de ésta es establecer una comparativa intersectorial de impactos.

Se incluyen umbrales para daños económicos y para daños sobre las personas (impacto humano). Además, se ha incluido una categoría denominada “Otras categorías” en la que se evalúan daños sobre el territorio, los hábitats y el patrimonio cultural significativo. De esta manera se establece una metodología válida para los 14 ámbitos sectoriales que permite a su vez realizar las estimaciones de la severidad de cada riesgo.

En los casos en los que no haya evidencia cuantitativa que permita un uso de la tabla, los autores del informe y los expertos de área realizarán una aproximación basada en el criterio experto tomando como referencia la lógica utilizada para los umbrales o criterios de selección definidos. Si no hubiera suficiente evidencia cuantitativa o experta, quedará indicado de forma expresa.

La severidad de los riesgos se evaluará conforme a los términos ya establecidos en la EUCRA, utilizando una escala de cuatro niveles (de menor a mayor severidad, basada en ordenes de magnitud): Limitada, Sustancial, Crítica, Catastrófica. Se mantiene la correspondencia cromática definida por la EUCRA. En la evaluación se reflejarán los impactos más severos dentro cada riesgo clave.

Los daños económicos se expresan de forma anualizada, como porcentaje del PIB Nacional (1,5 mil millones de euros en 2024) o en valores absolutos equivalentes²⁰. El impacto humano se evalúa mediante la mortalidad o los impactos sobre la salud significativos, así como afecciones menores en la población. El daño al territorio se estima por la cantidad de hectáreas dañadas de manera significativa. En cuanto a los hábitats, se calcula sobre el porcentaje de espacios naturales protegidos en España que sufren alteraciones significativas. Finalmente, para el patrimonio cultural, se toma como referencia el número de Bienes Culturales Patrimonio de la Humanidad UNESCO perdidos o dañados irreparablemente.

Tabla 2 Elementos de evaluación para los riesgos clave y definición de umbrales.

Severidad del riesgo	Daño Económico (PDTE)	Impacto humano	Otras categorías
Catastrófica	El impacto económico es superior al 1%	• Decenas de miles de muertes o cientos de	Cientos de miles de hectáreas dañadas significativamente.

¹⁷ Watkiss and Betts (2021) Method. The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report

¹⁸ UNDRRR, 2022. ‘Technical Guidance on Comprehensive Risk Assessment and Planning in the Context of Climate Change’

¹⁹ EEA (2024) Annex 2 Method for structured risk assessment. European Climate Risk Assessment.

²⁰ Como se indicó en los criterios para el AMC (Sección 4), se ha utilizado el PIB por la disponibilidad de datos consistentes, aunque se reconoce sus limitaciones ya que no captura adecuadamente dimensiones no monetarias de los impactos, relevantes para el bienestar y la sostenibilidad.

	(15.000 M€) del PIB nacional.	<ul style="list-style-type: none"> miles de impactos de salud significativos. Millones de personas afectadas de manera menor. 	
Critica	El impacto económico es entre 0,1 y 1% (1.500 y 15.000 M€) del PIB nacional.	<ul style="list-style-type: none"> Miles de muertes o decenas de miles de impactos sobre la salud significativos. Centenas de miles de personas afectadas de manera menor. 	<ul style="list-style-type: none"> Decenas de miles de hectáreas, miles de km de costa o decenas de miles de km de ríos dañados significativamente. Más del 10% de espacios protegidos o áreas de alto valor ecológico afectados significativamente. Perdida o daño irreversible a más de 5 de los Bienes Patrimonio de la Humanidad UNESCO registrados en España.
Sustancial	El impacto económico es entre 0,01 y 0,1% (150 y 1.500 M€) del PIB nacional.	<ul style="list-style-type: none"> Centenas de muertes o miles de impactos de salud significativos. Decenas de miles de personas afectadas de manera menor. 	<ul style="list-style-type: none"> Miles de hectáreas, cientos de km de costa o miles de km de ríos dañados significativamente Del 1% al 10% de espacios protegidos o áreas de alto valor ecológico afectados significativamente. Perdida o daño irreversible en hasta 5 Bienes Patrimonio de la Humanidad UNESCO registrados en España.
Limitada	El impacto económico es inferior al 0.01 % (150 M€) del PIB nacional.	<ul style="list-style-type: none"> Decenas de muertes o centenas impactos de salud significativos. Miles de personas afectadas de manera menor. 	<ul style="list-style-type: none"> Cientos de hectáreas, decenas de km de costa o centenas de km de ríos dañados significativamente. Menos del 1% de espacios protegidos o áreas de alto valor ecológico afectados significativamente. Perdida o daño irreversible en un Bien Patrimonio de la Humanidad UNESCO registrado en España.

5.10. Niveles de Confianza

Con el fin de que el concepto de riesgo sea comunicado de forma transparente y homogénea, la evaluación del riesgo irá acompañada de una caracterización de los niveles de confianza con criterios equivalentes a los elaborados por el IPCC en sus informes.

Basado en la calidad de las evidencias y el de consenso científico de las publicaciones y autores, los expertos asociarán a la evaluación de los distintos riesgos e impactos analizados un nivel de confianza, tanto desagregada en calidad y consenso, como un nivel general de confianza.

Para ello se utilizarán los criterios que muestra la Tabla 2, utilizando como referencia las escalas establecidas en el estudio CCRA3 del Reino Unido²¹.

Tabla 2 Definición de los niveles de confianza para según criterios de calidad y de consenso científico

CRITERIOS CALIDAD	ALTO	MEDIO	BAJO
Publicación	Académico revisado por pares.	Publicaciones oficiales y literatura gris sujeta a proceso de revisión.	Publicaciones sin acceso abierto o sin proceso de revisión.
Metodología	Metodologías robustas y contrastadas de aplicación generalizada.	Metodologías contrastadas de aplicación limitada.	Metodologías sin contrastar o anecdóticas.
Métodos	Cuantitativos	Híbridos	Cualitativos
Relevancia Temporal	Datos recientes /actualización AR6.	Datos de los últimos diez años sin actualizar a AR6.	Proyecciones antiguas o datos sin actualizar.
CRITERIOS CONSENSO	ALTO	MEDIO	BAJO
Consenso	Múltiples fuentes independientes en acuerdo.	Preponderancia de fuentes en acuerdo.	No hay un acuerdo claro.
Validación	Múltiples bases de datos independientes.	Pocas bases de datos.	Una sola base de datos.
Cobertura	Alta cobertura, cubriendo la totalidad del territorio nacional.	Cobertura parcial del territorio nacional. Estudios generalizables a todo el territorio.	Baja cobertura, casos de estudio muy localizados y no generalizables.

Los niveles de confianza se asignan a cada nivel de calentamiento para cada riesgo clave, incluyendo tanto un nivel de confianza general, como una desagregación entre criterios de calidad y de consenso. Además, se incluye un breve texto explicativo del nivel de confianza asignado.

En los casos en los que la literatura de referencia utilizada para la cuantificación de la severidad utilice metodologías del AR5 con escenarios RCP (y no según niveles de calentamiento), se considerará una reducción a la baja del nivel de confianza tanto a nivel general como, especialmente, en el criterio de calidad. Esto se debe a que no hay una metodología robusta para la conversión de escenarios RCP a niveles de calentamiento que no aumente los niveles de incertidumbre. Esta circunstancia se reflejará en el texto explicativo mediante la indicación “estimación basada en conversión de RCP a niveles de calentamiento”.

Se presenta a continuación un ejemplo de caracterización de los niveles de confianza para el “Riesgo Clave 1 Riesgo de reducción del número de visitantes o de la estancia media por sobrepasarse los umbrales de confort”, en el capítulo de Turismo.

Nivel de confianza (calidad/consenso)	Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento			
	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5 °C)	Medio Plazo 2041-2060 (2 °C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Alto (Medio/Alto) La metodología indica que ya tendríamos que estar notando el impacto, pero el volumen turístico sigue	Medio (Medio/Alto) Proyecciones no-dinámicas del sector reducen confianza en datos.	Medio (Medio/Alto) Proyecciones no-dinámicas del sector reducen confianza en datos.	Bajo (Bajo/Alto) Proyecciones no-dinámicas del sector reducen confianza en datos, aún más a medio-largo plazo.	

²¹ Watkiss and Betts (2021) Method. The Third UK Climate Change Risk Assessment Technical Report

	aumentando. Los factores de aumento exógenos no son identificados por los estudios.			
--	---	--	--	--

5.13 Niveles de Calentamiento

En este estudio, las estimaciones de la severidad del impacto, y sus correspondientes niveles de confianza, son representadas a lo largo de horizontes temporales (corto, medio y largo plazo), con una correspondencia estimada de tres niveles de calentamiento globales (1,5 °C, 2 °C y 3-4 °C), más la situación actual. Para facilitar las equivalencias con los diversos enfoques dentro de la literatura (con uso más general de RCP y un incremento reciente de SSP), se utilizará la misma tabla de referencia que en el anterior ejercicio de Análisis Multicriterio. Los horizontes temporales son los mismos que el IPCC, y que también se han aplicado en el EUCRA (EEA 2024): corto plazo (2021-2040), medio plazo (2041-2060), y largo plazo (2081-2100).

Niveles de calentamiento global por periodos de tiempo (media 20 años) para proyecciones climáticas RCP y SSP (CMIP5 y CMIP6). Referencia 1850-1900.									
Proyección	2021–2040			2041–2060			2081–2100		
RCP2.6	1.0	to	2.2	1.0	to	2.3	0.9	to	2.3
RCP4.5	1.1	to	2.2	1.4	to	2.7	1.8	to	3.3
RCP6.0	1.0	to	2.0	1.3	to	2.5	2.3	to	3.6
RCP8.5	1.1	to	2.6	1.7	to	3.7	3.0	to	6.2
SSP1–1.9	1.0	to	2.4	1.1	to	2.7	1.0	to	2.5
SSP1–2.6	1.0	to	2.4	1.2	to	2.9	1.3	to	3.1
SSP2–4.5	0.9	to	2.5	1.3	to	3.3	1.9	to	4.4
SSP3–7.0	1.0	to	2.6	1.5	to	3.7	2.7	to	6.2
SSP5–8.5	1.0	to	2.7	1.6	to	4.0	3.1	to	7.2

En Table Cross-Chapter Box CLIMATE.1, Ara Begum et al (2022) Point of Departure and Key Concepts. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. WGII AR6 <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-1/>

Para facilitar la identificación de equivalencias y promover una interpretación homogénea, se considerarán los periodos de referencia de 2021-2040 para 1,5 °C, 2041-2060 para 2 °C, y 2081-2100 para 3-4°C. Estas aproximaciones entran dentro de los rangos IPCC de la tabla anterior en los RCP más comunes de 4.5 y 8.5 (2021-40 entre 1,1 y 2,6 °C; 2041-60 entre 1,4 y 3,7 °C; 2081-2100 entre 1,8 y 6,2 °C) así como los rangos de fechas de referencia para regionalizaciones EURO-CORDEX (Materiales suplementarios en Dossio & Fischer 2018, y Mulholland & Feyer 2021) según nivel de calentamiento (RCP 4.5 y 8.5) de 2018 a 2035 para 1,5°C, 2030 a 2064 para 2°C, y 2071 a 2090 para 4°C (solo en RCP 8.5). Estas siguen las aproximaciones del IPCC (ver tabla 1 del Summary for Policymaker²² debajo), aparte del horizonte temporal a más largo plazo, donde se toma una referencia más pesimista para mostrar un escenario más extremo. Esto es en línea con gran parte de la literatura que utiliza proyecciones RCP8.5.

²² IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., 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, and B. Zhou (eds.)].

Table SPM.1 | Changes in global surface temperature, which are assessed based on multiple lines of evidence, for selected 20-year time periods and the five illustrative emissions scenarios considered. Temperature differences relative to the average global surface temperature of the period 1850–1900 are reported in °C. This includes the revised assessment of observed historical warming for the AR5 reference period 1986–2005, which in AR6 is higher by 0.08 [–0.01 to +0.12] °C than in AR5 (see footnote 10). Changes relative to the recent reference period 1995–2014 may be calculated approximately by subtracting 0.85°C, the best estimate of the observed warming from 1850–1900 to 1995–2014. [Cross-Chapter Box 2.3, 4.3, 4.4, Cross-Section Box TS.1]

Scenario	Near term, 2021–2040		Mid-term, 2041–2060		Long term, 2081–2100	
	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)	Best estimate (°C)	Very likely range (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 to 1.7	1.6	1.2 to 2.0	1.4	1.0 to 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 to 1.8	1.7	1.3 to 2.2	1.8	1.3 to 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 to 1.8	2.0	1.6 to 2.5	2.7	2.1 to 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 to 1.8	2.1	1.7 to 2.6	3.6	2.8 to 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 to 1.9	2.4	1.9 to 3.0	4.4	3.3 to 5.7

Reconocemos que esta es una aproximación simplificada y con limitaciones importantes para abordar la complejidad metodológica de homogeneizar distintas escalas temporales (de línea base y proyecciones) y diferentes marcos de referencia como los escenarios RCP, SSP y los niveles de calentamiento. Para un análisis más detallado sobre las ventajas y desventajas del uso de RCP y niveles de calentamiento se remite al capítulo “Variables Climáticas”.

5.11. Recomendaciones de Priorización

Las recomendaciones de priorización reflejan tres aspectos: urgencia, seguimiento, y gestión. Estas son obtenidas del análisis ya generado en pasos anteriores. Ver Capítulo Recomendaciones de Priorización.

URGENCIA	Texto
Urgencia limitada	No requiere acciones adicionales inmediatas, pero debe permanecer bajo observación para valorar su evolución.
Urgencia significativa	Requiere planificación y preparación de respuestas en un horizonte temporal cercano.
Urgencia máxima	Requiere respuestas inmediatas y priorización en la toma de decisiones.

SEGUIMIENTO	Texto
Seguimiento básico	Requiere un seguimiento periódico.
Seguimiento intermedio	Requiere una evaluación más detallada y estudios complementarios.
Seguimiento avanzado	Requiere un mayor esfuerzo en la recopilación y análisis de datos, así como un seguimiento continuo.

GESTION	Texto
Gestión sectorial	Se puede abordar principalmente dentro de un único ámbito de la gestión pública.

Gestión coordinada	Es necesaria una gobernanza transversal, con decisiones compartidas y planificación conjunta.
--------------------	---

Por ejemplo, la ficha de RC7.4 “Riesgo de estrés térmico y reducción del confort térmico en el espacio público por intensificación del efecto de isla de calor urbano y/o pérdida de funcionalidad de las áreas verdes urbanas” que tiene Urgencia Máxima, Seguimiento Avanzado y Gestión Sectorial quedaría:

Recomendaciones de Priorización	Requiere respuestas inmediatas y priorización en la toma de decisiones. Requiere un mayor esfuerzo en la recopilación y análisis de datos, así como un seguimiento continuo. Se puede abordar principalmente dentro de un único ámbito de la gestión pública.
--	---

Se resaltan aquellas recomendaciones de mayor prioridad.

5.12. Información adicional sobre riesgos complejos

Los riesgos climáticos clave no operan de forma aislada, sino que están profundamente interconectados. Una aproximación exclusivamente sectorial de los riesgos limita la comprensión de estas interacciones y dificulta la identificación de efectos en cascada que trascienden los límites de cada sector.

En este sentido, el análisis de cada riesgo clave, descrito a través del resto de los subapartados del apartado 5 (Análisis de Riesgos Claves) es complementado con los resultados obtenidos en el análisis específico de riesgos complejos y que se describe con mayor grado de detalle en el apartado 7 (Riesgos Complejos) de este mismo documento. Este análisis permite identificar y poner de manifiesto conexiones críticas entre sectores, dependencias cruzadas y posibles efectos en cascada, contribuyendo así a una planificación de la adaptación más robusta y coherente.

Para abordar esta naturaleza compleja el análisis de riesgos se ha desarrollado mediante un modelo basado en la teoría de grafos, donde cada nodo o vértice del grafo representa un riesgo clave identificado, y las conexiones (aristas dirigidas) reflejan cómo unos riesgos influyen en otros. Este enfoque holístico permite visualizar la estructura del sistema, identificar nodos (riesgos) principales y calcular determinadas métricas que ayudan a entender el papel de cada riesgo clave. Así, el grado de salida señala los riesgos con mayor capacidad de generar impactos; el grado de entrada identifica aquellos más vulnerables a influencias externas; la denominada “centralidad de cercanía” muestra la rapidez con la que un riesgo puede verse afectado por el resto del sistema; y, finalmente, la “centralidad de intermediación” revela los riesgos que actúan como puentes en la propagación de efectos.

En cada capítulo sectorial, para cada uno de los riesgos clave, se indica el nivel global de interconexión que tiene con otros riesgos clave, pertenezcan o no al mismo sector. Más concretamente, se mencionan qué otros riesgos (nombre y código) le influyen, algo que viene expresado a través del valor del grado de entrada en el análisis de riesgos complejos, y sobre qué riesgos actúa como generador de potenciales impactos en cascada, recogido en el análisis a través del valor del grado de salida del modelo. Esta breve descripción se complementa con una figura que representa el grafo de cada riesgo clave, donde se muestran los nodos con los que se conecta y la conexión con ellos de manera dirigida, bien sea de entrada o de salida.

Finalmente se incluye una tabla resumen, con todos los riesgos claves del sector (en filas), que incluye las categorías en las que se encuadran los valores de las métricas obtenidas (en columnas) para cada uno de ellos en el análisis de riesgos complejos, es decir, grado de entrada, grado de salida, intermediación y cercanía.

Las categorías de dichas métricas responden a los valores umbrales que se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 3 Definición de las categorías de las métricas obtenidas en el análisis de riesgos complejos.

MÉTRICA	ALTO	MEDIO	BAJO
Grado de entrada	≥ 10	No procede	< 10
Grado de salida	≥ 10	No procede	< 10
Intermediación	> 200	$50 < i \leq 200$	$0 \leq i \leq 50$
Cercanía	> 0.009	$0.005 < c \leq 0.009$	$0 \leq c \leq 0.005$

En el caso de los valores umbrales de los grados de entrada y de salida se ha definido el valor 10 como punto de corte al obtenerse en el análisis de riesgos complejos un máximo de 29 conexiones posibles entre al menos en uno de los 51 riesgos clave y el resto de los riesgos clave del sistema.

Por su parte, los valores umbrales de intermediación y cercanía responden a los percentiles que ocupan los valores obtenidos en el análisis de riesgos complejos, correspondiendo los puntos de corte al percentil 25 (entre la categoría baja y la categoría media) y el percentil 75 (entre la categoría media y la categoría alta).

5.13. Casos de estudio

En cada capítulo sectorial se ha incluido una ficha de caso de estudio, seleccionada con carácter ilustrativo. Muchos de estos casos han sido aportados por comunidades autónomas y permiten mostrar enfoques aplicados a la evaluación de riesgos climáticos, avances metodológicos y herramientas de diagnóstico desarrolladas en distintos territorios y sectores. Su inclusión busca enriquecer el análisis nacional con ejemplos prácticos, contextualizados y representativos de la diversidad temática y territorial del país.

Con el fin de mantener un formato sintético y facilitar la integración en el informe, se ha incluido, salvo excepciones, un único caso por capítulo sectorial. Esta selección no pretende ser exhaustiva ni abarcar todas las experiencias existentes, sino ofrecer ejemplos concretos que reflejen buenas prácticas, enfoques metodológicos y aprendizajes relevantes en la evaluación de riesgos climáticos.

La recopilación de casos se ha realizado priorizando la diversidad y evitando solapamientos. Se han considerado estudios que abordan riesgos clave en contextos locales o sectoriales, así como experiencias innovadoras en la identificación y evaluación de riesgos. La información recogida es de carácter general, sin incluir datos sensibles, y se presenta en formato sintético para facilitar su consulta. Cada ficha incluye información sobre el ámbito territorial, el objeto del proyecto, una descripción general y los aspectos más destacables, que pueden incluir resultados, conclusiones principales u otros elementos relevantes. Estos casos ilustrativos contribuyen a visibilizar buenas prácticas y a fomentar el intercambio de conocimiento entre territorios.

6. ESTRUCTURA DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS SECTORIALES

Teniendo en cuenta los aspectos metodológicos expuestos, así como las fuentes de datos identificadas se propone el siguiente contenido para cada uno de los capítulos sectoriales que se irán desarrollando. Extensión aproximada 40 páginas:

1. **Antecedentes**
 - Contexto, metodología general y estructura del capítulo.
2. **Introducción**
 - Alcance, descripción y solapes con otros sectores.
3. **Riesgos Relevantes**
 - **Descripción general:**
 - **Narrativa** describiendo los tres componentes del riesgo dentro del sector y sus características - Peligro, Exposición, Vulnerabilidad, así como una identificación de potenciales impactos.
 - **Modelo conceptual** del sector (y otros modelos a nivel de subsistema si se estima necesario).
 - **Descripción y tabla** con los riesgos relevantes del sector.
4. **Riesgos Clave**
 - Explicación de la aplicación del AMC recogido en anexo:
 - Identificación de riesgos clave, así como otros riesgos significativos si fuera necesario.
 - Para cada riesgo clave se incluirá:
 - Descripción de riesgo clave.
 - Cadena de impacto del riesgo clave.
 - Narrativa describiendo los tres componentes del riesgo y sus impactos
 - Ficha.
5. **Análisis de riesgos complejos**
6. **Caso de estudio** (con un máximo de 2 páginas)
7. **Limitaciones y particularidades metodológicas del sector:**
 - Todos los capítulos sectoriales siguen la metodología general, aun así, puede haber particularidades específicas del sector que serán descritas en cada caso ya que se puede requerir de aplicaciones metodológicas adicionales o adaptadas.
 - Narrativa de los déficits de información sectoriales identificados en la evaluación de los riesgos derivados del cambio climático.
8. **Referencias**
 - Se incluirán las referencias bibliográficas en esta sección siguiendo el estilo Harvard en texto (Autor/Año).

Los términos más comunes se incluyen en el Glosario. Aquellos más específicos del sector se incluyen dentro de cada capítulo en forma de notas a pie de página.

Formato de ficha para los riesgos clave

Horizontes temporales y estimaciones de niveles de calentamiento				
	Actual	Corto plazo 2021-2040 (1,5 °C)	Medio Plazo 2041-2060 (2 °C)	Largo plazo 2081-2100 (3-4 °C)
Severidad del impacto	Para cada nivel de calentamiento se establecerá un nivel de severidad utilizando una escala de cuatro niveles (Limitada, Sustancial, Crítica y Catastrófica) según la tabla de categorías de severidad del riesgo (apartado 5.11). Se realizará también una breve narrativa explicando el nivel de severidad resultante.			
Nivel de confianza (calidad/consenso)	Para cada nivel de calentamiento se establecerá un nivel confianza con dos componentes según las magnitudes incluidas en la tabla 2: Nivel de Calidad y Nivel de Consenso). Éstos se representarán en dos colores distintos para facilitar la comprensión. Se llevará a cabo una breve narrativa explicando el nivel de confianza resultante.			
Componentes del riesgo	Peligro	Exposición		Vulnerabilidad
	Posibilidad de ocurrencia de sucesos o tendencias físicas relacionados con el clima o los impactos físicos de este que puede causar la pérdida de vidas, daños u otros impactos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de vida, prestación de servicios, ecosistemas y recursos naturales.	Presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos ambientales, infraestructuras o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente por los peligros climáticos.		Propensión o predisposición a ser afectado negativamente por el cambio climático. Abarca una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para afrontarlo y adaptarse.
Aspectos Transversales	Transfronterizos	Los efectos provocados por el cambio climático más allá de las fronteras nacionales y pueden derivar en impactos transmitidos a través de vías diversas, como el comercio, los flujos financieros, las migraciones o los cambios geopolíticos.		
	Territoriales	Los riesgos derivados del cambio climático no se distribuyen de forma homogénea en el territorio por lo que es necesario incorporar la perspectiva geográfica de los mismos.		
	Sociales	El cambio climático afecta de manera desigual a distintos grupos de población. La falta de recursos económicos, el estado de salud, o ciertas condiciones sociales —como las barreras lingüísticas o la limitación en el acceso a la información— pueden aumentar la vulnerabilidad de determinados grupos sociales frente a sus impactos.		
	Maladaptación	La maladaptación se refiere a las acciones que pueden conducir a un mayor riesgo de efectos adversos relacionados con el clima, incluyendo el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento o el desplazamiento de la vulnerabilidad al cambio climático, una mayor desigualdad o la disminución del bienestar actual o futuro.		
	Género	Se integrará el enfoque de género, analizando aquellos factores que, por su relación con la exposición o la vulnerabilidad, puedan tener efectos diferenciados entre mujeres y hombres.		
Otros aspectos analizados				
Umbrales críticos	Los umbrales críticos representan niveles a partir de los cuales hay un cambio en las dinámicas del riesgo pudiéndose sobrepasar la capacidad de adaptación. Se pueden considerar los umbrales críticos a lo largo de cuatro dimensiones: - Umbrales biofísicos, rangos y límites del medio natural (incluyendo la biología humana). - Umbrales ingenieriles, estándares y tolerancias de bienes ante parámetros climáticos. - Umbrales de desarrollo, donde acciones pierden su efectividad a partir de un punto crítico y se requiere un cambio de opción o estrategia. - Umbrales de políticas públicas, establecidos legislativamente o vía regulaciones, y que indican niveles de riesgo aceptables o asumibles en el ámbito sociopolítico.			
Lock-in/Bloqueo	Los riesgos derivados de medidas adoptadas que pueden incrementar el riesgo o vulnerabilidad futuras y que pueden ser difíciles o costosas de revertir. Los riesgos lock-in pueden resultar tanto de la maladaptación como de decisiones convencionales (business-as-usual) o la ausencia de medidas o decisiones. Dada la dimensión temporal de los riesgos lock-in, es importante identificar el periodo de análisis/duración de efecto de tales riesgos.			
Planes o medidas en curso de gestión del riesgo	El estudio incluye análisis de los instrumentos de adaptación relevantes a la gestión del riesgo. Esto incluye: - políticas, estrategias y planes de gestión territorial o sectorial nacionales o regionales en vigor (i.e PNACC 2021-2030). - las normas, directrices y códigos de práctica específicos de los sectores afectados (i.e Código Técnico de Edificación). - requisitos legales y de otro tipo. - Planes, compromisos y estrategias supranacionales (i.e. Directrices Unión Europea, acuerdos del Consejo de Europa, tratados y acuerdos internacionales, Naciones Unidas...).			

Gobernanza de gestión del riesgo	Marco competencial/regulatorio relevante al riesgo.
Beneficios de medidas de adaptación futuras	Beneficios de la adaptación a este riesgo identificados.
Afección a/de descarbonización o neutralidad climática	Relación del riesgo tanto como origen y como receptor con las políticas de descarbonización.
Déficits de información	Déficits de información específicos al riesgo. Los generales del sector irán incluidos en la sección del capítulo de Particularidades Metodológicas.
Recomendaciones de Priorización	Se indican las recomendaciones en los tres pilares: Urgencia, Seguimiento, y Gestión.

Formato Caso de Estudio

Título (corto)	
Mapa autonómico estándar	Objeto:
Ámbito Territorial:	Descripción: (Enfoque del caso, incluyendo fuentes de datos y si es multisectorial; factores/componentes del riesgo).
Sector(es)/subsector:	
Entidad(es) del proyecto:	
Escala: (municipal, región, CCAA, nacional).	
Riesgo(s): Indicar principales (o múltiples).	
Enlaces:	Aspectos destacables: (incluyendo aspectos transversales, si los hubiera).

7. RIESGOS COMPLEJOS

En un mundo altamente interconectado se necesita claridad respecto de las interacciones que generan riesgo. El análisis de esas interacciones se centra en la descripción de las conexiones y riesgos transmitidos entre los sistemas socioeconómicos, ambientales y tecnológicos, creando nuevos riesgos o exacerbando los existentes con consecuencias que pueden ser extremadamente complejas (Simpson et al., 2021²³).

El análisis de riesgos complejos toma como punto de partida los análisis llevados a cabo para el conjunto de los riesgos abordados de una perspectiva sectorial, y que aparecen descritos en sus correspondientes capítulos. En dichos capítulos se han identificado y caracterizado los riesgos clave en distintos sectores, y se han analizado sus impactos potenciales de forma individual. Esta aproximación es de gran utilidad para profundizar en las particularidades de cada sector, aunque puede presentar ciertas limitaciones a la hora de capturar la complejidad inherente a los sistemas de riesgo actuales. En particular, no permite comprender adecuadamente las interdependencias entre riesgos ni los efectos en cascada que pueden desencadenarse en un contexto de creciente incertidumbre y cambio global.

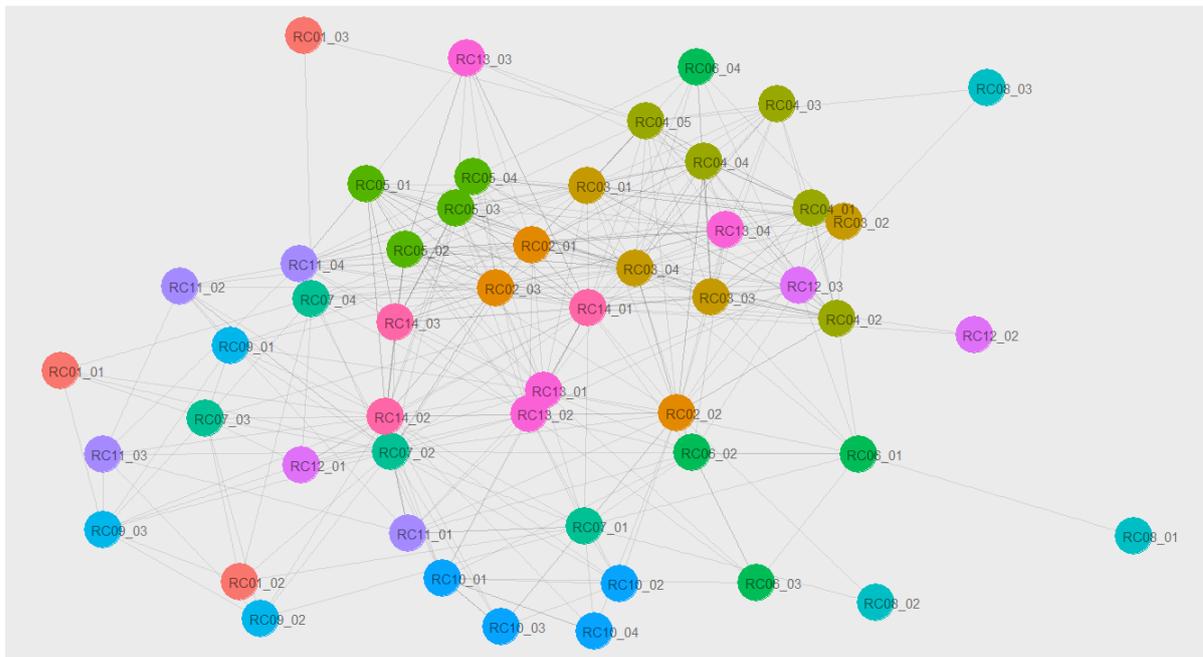
Esta aproximación busca superar estas limitaciones mediante el desarrollo de un enfoque más integrado y sistémico. El objetivo principal es avanzar hacia una comprensión más holística de los riesgos climáticos, reconociendo que estos no operan de forma aislada, sino que están profundamente interconectados. Esta necesidad de integración ha sido ampliamente reconocida tanto en la literatura científica como en los marcos internacionales de evaluación del riesgo.

Para abordar esta complejidad se ha desarrollado un modelo analítico basado en teoría de grafos (Stergiopoulos et al., 2015²⁴, Sillmann, J., et. al., 2022²⁵), una herramienta matemática que permite representar y analizar sistemas compuestos por elementos interconectados. En este caso (Figura 5) cada nodo del grafo representa un riesgo identificado, mientras que las aristas dirigidas indican relaciones de influencia entre ellos. Este enfoque permite visualizar la estructura del sistema de riesgos, identificar nodos clave y calcular métricas que ofrecen información sobre la posición y el papel de cada riesgo dentro de la red.

²³ Simpson, N.P. et al. (2021) 'A framework for complex climate change risk assessment', *One Earth*, 4(4), pp. 489–501. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.03.005>

²⁴ Stergiopoulos et al. (2015). Risk mitigation strategies for critical infrastructures based on graph centrality analysis. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 10, 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2015.05.003>

²⁵ Sillmann, J., et. al. (2022). ISC-UNDRR-RISK KAN Briefing note on systemic risk, Paris, France, International Science Council, DOI: 10.24948/2022.01



Tecnalia 2025

Figura 6 Modelo de riesgos complejos obtenido.

A continuación, se describen de forma detallada estas fases de la metodología.

7.1. Taller de co-creación del modelo

El desarrollo del modelo se ha llevado a cabo mediante un enfoque participativo, que ha incluido la realización de dos talleres con actores clave de distintos sectores. El primer taller tuvo como objetivo presentar el ejercicio, validar la selección de riesgos y establecer las relaciones entre ellos a partir del conocimiento experto de las personas participantes. Para la identificación de las relaciones entre riesgos se estableció un periodo de varias semanas para que rellenasen y enviasen las matrices de adyacencia. Este proceso permitió construir una base sólida y consensuada para el modelo, incorporando múltiples perspectivas sectoriales.

7.2. Desarrollo del modelo

A partir de la información recopilada se han desarrollado varios modelos alternativos que han permitido explorar diferentes configuraciones del sistema de riesgos. Estos modelos varían en función de los criterios utilizados para establecer las relaciones entre riesgos, lo que permite analizar la robustez de los resultados y comparar distintas hipótesis sobre la dinámica del sistema. Esta estrategia de modelización múltiple responde a la necesidad de capturar la incertidumbre inherente al análisis de sistemas complejos y de ofrecer una visión más completa de las posibles trayectorias de riesgo.

7.3. Análisis de riesgos complejos

Una vez construidos los modelos, se ha procedido al cálculo de diversas métricas de análisis de grafos. El grado de salida se ha utilizado para identificar los riesgos con mayor capacidad de generar impactos en otros, mientras que el grado de entrada ha permitido detectar aquellos más vulnerables a influencias externas. La centralidad de cercanía se ha empleado para evaluar la rapidez con la que un riesgo puede verse afectado por el resto del sistema, y la centralidad de intermediación ha permitido identificar los nodos

que actúan como puentes en la propagación de efectos. Estas métricas ofrecen una base cuantitativa para priorizar intervenciones, identificar puntos críticos y diseñar estrategias de gestión del riesgo más eficaces.

7.4. Taller de socialización

El segundo taller se centró en la socialización de los resultados preliminares, lo que ha permitido contrastar los hallazgos con la experiencia práctica de los actores involucrados y enriquecer la interpretación de los datos. Esta metodología participativa ha sido fundamental para garantizar la relevancia y aplicabilidad de los resultados, así como para fomentar el diálogo intersectorial y la construcción colectiva de conocimiento.

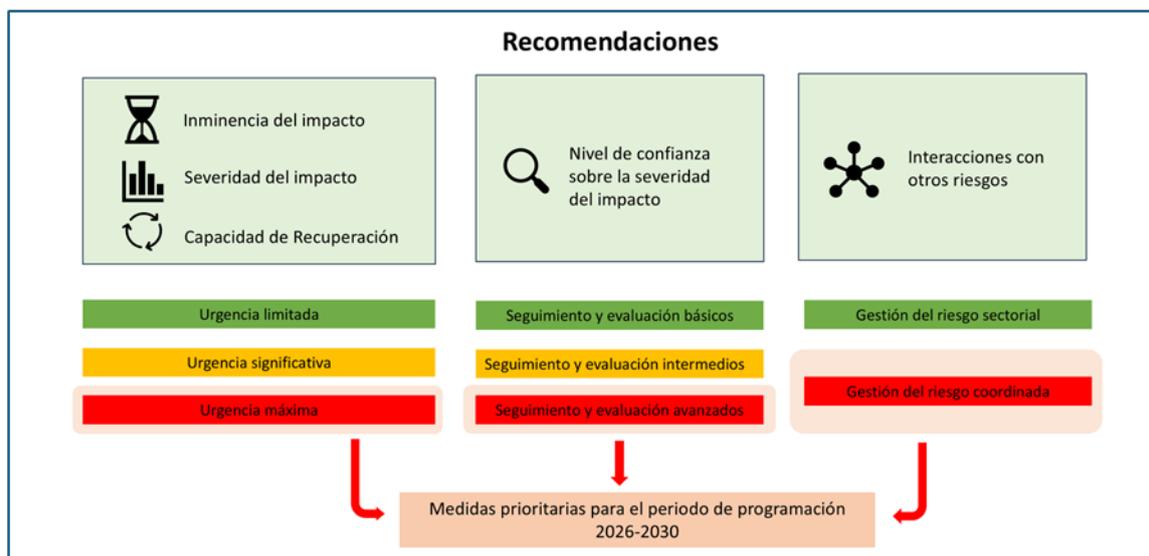
En conjunto, este enfoque permite avanzar hacia una comprensión más integrada y dinámica de los riesgos climáticos, superando ciertas limitaciones de los análisis sectoriales tradicionales. Al combinar herramientas analíticas rigurosas con procesos participativos inclusivos, el estudio contribuye a fortalecer la capacidad de anticipación y respuesta frente a los desafíos complejos que plantea el cambio climático. Los resultados obtenidos no solo tienen implicaciones para la formulación de políticas públicas, sino que también ofrecen una base sólida para el diseño de estrategias de adaptación y resiliencia que consideren la naturaleza interdependiente y sistémica del riesgo, proporcionando información particular para los capítulos sectoriales en forma de identificación de los riesgos de entrada y salida directos de cada riesgo y para la determinación del grado de urgencia de cada riesgo en función de la posición que ocupa en la red.

VERSIÓN NO EDITADA

8. RECOMENDACIONES DE PRIORIZACION

El marco de evaluación del riesgo tiene como objetivo informar al proceso de adaptación, identificando, por un lado, dónde es más urgente actuar y, por otro, ofreciendo información adicional sobre el tipo de acciones necesarias para una adaptación temprana.

El Capítulo Recomendaciones de Priorización consolida los resultados a lo largo de tres pilares: Urgencia, Seguimiento, y Gestión.



8.1. Determinación de la urgencia del riesgo.

La urgencia de un riesgo se calcula a partir de la combinación de tres factores clave analizados previamente para cada riesgo clave en distintas fases del proyecto conforme a la metodología establecida en el proyecto:

- Severidad del impacto esperado: se toma el nivel de impacto de la ficha de riesgo clave para corto y medio plazo, y se pondera la combinación de ambos (70% Corto / 30% Medio), para así reflejar su evolución.
- Inminencia o proximidad temporal del riesgo: hace referencia al tiempo que se estima puede transcurrir, desde el periodo de referencia, hasta que se materialice el riesgo de manera significativa. Obtenida del AMC.
- Capacidad de recuperación ante el impacto: Representa la dificultad o facilidad para volver al estado anterior a que suceda el impacto medida en términos temporales. Obtenido del AMC.

Con base en estos tres factores, se clasifica el nivel de urgencia en una de las siguientes categorías:

Urgencia limitada

Riesgos que no se consideran inminentes y cuyos impactos son moderados o para los que existe una buena capacidad de respuesta y recuperación. No requieren acciones adicionales inmediatas, no obstante, hay que valorar y en su caso programar medidas para afrontar este riesgo. Además, deben permanecer bajo observación para valorar su evolución.

Urgencia significativa

Riesgos con impactos relevantes, previsibles en el corto / medio plazo y que requieren planificación y preparación de respuestas en un horizonte temporal cercano.

Urgencia máxima

Riesgos inminentes y con impactos severos o de difícil recuperación. Requieren respuestas inmediatas y priorización en la toma de decisiones.

8.2. Evaluación del nivel de confianza en la severidad de los impactos asociados al riesgo y la consiguiente necesidad de seguimiento.

La priorización debe ser contextualizada en función del nivel de confianza que se tenga en el análisis del riesgo. Esto influye directamente en la intensidad del seguimiento y evaluación recomendados:

Seguimiento básico

El análisis cuenta con datos suficientes y validados. Se requiere un seguimiento periódico. Posee un nivel de confianza alto en la correspondiente ficha del riesgo (ver capítulos sectoriales).

Seguimiento intermedio

Existen incertidumbres en el análisis (por ejemplo, en la magnitud del impacto o en la exposición). Requiere una evaluación más detallada y estudios complementarios. Posee un nivel de confianza medio en la correspondiente ficha del riesgo (ver capítulos sectoriales).

Seguimiento avanzado

El nivel de confianza es bajo o muy bajo debido a carencias de información, variabilidad alta o complejidad del fenómeno. Se requiere un mayor esfuerzo en la recopilación y análisis de datos, así como un seguimiento continuo.

8.3. Consideración de las interacciones entre riesgos, a partir del análisis de riesgos complejos

Los riesgos climáticos suelen estar interconectados. Una lectura exclusivamente sectorial puede ocultar efectos en cascada y dinámicas de amplificación del riesgo entre sectores. Para capturar estas dinámicas, se aplica un análisis de riesgos complejos (ver Capítulo Riesgos Complejos, que permite definir la modalidad de gestión más adecuada).

Gestión sectorial

El riesgo se puede abordar principalmente dentro de un único ámbito de la gestión pública. Las medidas recomendadas son específicas del sector afectado o en colaboración con uno o dos sectores adicionales.

Gestión Coordinada

El riesgo forma parte de una red densa de interacciones. Es necesaria una gobernanza transversal, con estructuras de toma de decisiones compartidas y planificación conjunta que permita gestionar el riesgo desde perspectivas complementarias.

8.4. Priorización de medidas

La priorización de medidas se presenta a lo largo de los tres ejes analizados —urgencia, seguimiento y modalidad de gobernanza— centrándose en aquellos riesgos con valores más altos.

En concreto, deberían priorizarse medidas que den respuesta a:

- Un riesgo considerado de urgencia máxima.
- La necesidad de seguimiento avanzado debido a bajos niveles de confianza.
- La necesidad de gestión integrada, debido a la alta complejidad e interacciones relevantes entre riesgos.

VERSIÓN NO EDITADA