Anejo 1. Resumen del marco normativo y de las estrategias de adaptación al cambio climático de ámbito autonómico

La plataforma AdapteCCa es un espacio de consulta e intercambio de información sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en España, impulsado conjuntamente por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) y la Fundación Biodiversidad (MITECO). Su finalidad es facilitar el acceso a una base de conocimiento consistente y actualizada y servir como instrumento abierto de coordinación entre administraciones, comunidad científica y gestores.

Dentro de AdapteCCa, la sección "Comunidades Autónomas" reúne información sintética y actúa como puerta de entrada para conocer los marcos estratégicos, planes y programas de adaptación desarrollados por cada comunidad en el ejercicio de sus competencias. En la práctica, esta sección ofrece fichas autonómicas con un enfoque homogéneo, que combinan un breve texto contextual y tablas y recursos enlazados a fuentes oficiales.

De forma general, las fichas se estructuran en ocho apartados:

1) Marco legal
2) Evaluación de riesgos y prioridades de adaptación
3) Desarrollo de la adaptación en políticas sectoriales y locales
4) Buenas prácticas
5) Seguimiento y evaluación
6) Observación sistemática del clima e I+D+i
7) Información adicional
8) Contacto.

En el marco legal, AdapteCCa suele identificar leyes/estrategias/planes/programas, indicando su estado (p. ej., vigente/en proceso/no vigente) y aportando enlaces directos a boletines oficiales y portales institucionales; asimismo, recoge elementos de gobernanza (órganos responsables, de coordinación y participación) y referencias a instrumentos sectoriales o evaluaciones relevantes para la adaptación.

Este anejo toma AdapteCCa como fuente troncal para describir y enlazar los instrumentos autonómicos. La propia web indica que parte del contenido ha sido facilitado por las comunidades autónomas e incorpora una fecha de última actualización registrada, lo que aporta trazabilidad y permite identificar posibles lagunas o necesidades de contraste.

Finalmente, se hace constar que la cobertura de AdapteCCa en esta sección no incluye (o no desarrolla con el mismo nivel de detalle) las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, que se tratan específicamente en este anejo con fuentes alternativas.

Andalucía

Vínculo a resumen y enlaces en AdapteCCa	https://adaptecca.es/comunidades-autonomas/andalucia

Marco competencial

En Andalucía la responsabilidad en materia de cambio climático recae en la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente, a través de la **Secretaría General de Medio Ambiente y Cambio Climático**. Esta Secretaría General ejerce las funciones de coordinación de la acción climática, apoyada por órganos específicos de

gobernanza. Destacan la **Comisión Interdepartamental de Cambio Climático** (creada por Decreto 44/2020) para coordinar políticas entre consejerías, y el **Consejo Andaluz del Clima** (creado por Decreto 175/2021) como órgano de participación con representación de ONG, sector académico, administraciones locales y sector privado. Además, Andalucía cuenta con la **Oficina Andaluza de Cambio Climático**, establecida por la Ley 8/2018, encargada de impulsar las políticas climáticas y dar apoyo técnico en adaptación.

Marco normativo

Andalucía fue pionera al aprobar la **Ley 8/2018, de 8 de octubre, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético**. Esta ley elevó al máximo rango las iniciativas climáticas existentes, incluyendo objetivos y obligaciones tanto de mitigación como de adaptación. En desarrollo de la ley, se aprobó el **Plan Andaluz de Acción por el Clima (PAAC)** mediante Decreto 234/2021, que es el instrumento general de planificación climática autonómico. El PAAC 2021-2030 integra tres programas (mitigación, adaptación y comunicación) y sustituye a la anterior Estrategia Andaluza de Cambio Climático de 2002. Cabe mencionar que el Parlamento andaluz declaró la emergencia climática, reafirmando el compromiso político con estas medidas.

Instrumentos de planificación y estudios

En el **Programa Andaluz de Adaptación al Cambio Climático** –parte del PAAC– se realizó un diagnóstico detallado de riesgos climáticos. Las proyecciones regionales muestran aumentos significativos de temperatura y una disminución progresiva de precipitaciones de hasta 20% hacia fin de siglo. Como resultado, la Junta identificó sectores estratégicos altamente vulnerables (turismo, agricultura, urbanismo, entre otros) y **riesgos prioritarios como sequías, inundaciones y escasez de agua**. Para apoyar la gestión del riesgo, la Oficina de Cambio Climático elaboró una **Guía metodológica para la evaluación y seguimiento de los riesgos climáticos** y una herramienta asociada. En cuanto a planificación sectorial, Andalucía integra la adaptación en diversos instrumentos: por ejemplo, el **Plan de Gestión de Riesgo de Inundación de las cuencas internas andaluzas** (derivado de la Directiva de Inundaciones) aborda las inundaciones en ríos de competencia autonómica, y planes sectoriales agrícolas incluyen medidas preventivas ante eventos extremos. Asimismo, se han impulsado ayudas para la acción climática municipal –756 ayuntamientos cuentan ya con planes locales de adaptación– reforzando la gobernanza multinivel.

Implicaciones para la planificación hidrológica

Las políticas andaluzas de adaptación subrayan la importancia del recurso hídrico. El diagnóstico autonómico identifica la **alteración del régimen de lluvias, con periodos de sequía más frecuentes e inundaciones más intensas, como el principal impacto climático en la región**. Andalucía ya incorpora medidas de adaptación hídrica en los planes de su competencia (p.ej. gestión de avenidas en cuencas internas). Dado que Andalucía comparte cuencas intercomunitarias importantes, será clave la coordinación con las Confederaciones Hidrográficas para que las reducciones proyectadas de precipitaciones y el aumento de eventos extremos se consideren explícitamente. El **Programa Andaluz de Adaptación** provee un marco que orienta dichas consideraciones, buscando reducir la vulnerabilidad del agua en todos los ámbitos (urbano, agrícola y ecosistémico). En resumen, la comunidad andaluza ha avanzado en un robusto marco institucional y normativo de adaptación.

Castilla-La Mancha

Vínculo a resumen y enlaces en AdapteCCa	https://adaptecca.es/comunidades-autonomas/castilla-la-mancha

Marco competencial

La Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha asigna las competencias de cambio climático a la Consejería que engloba medio ambiente (actualmente la **Consejería de Desarrollo Sostenible**). Dentro de ella, la encargada es la **Dirección General de Economía Circular y Cambio Climático** (denominación vigente hasta 2023). Este órgano es responsable de planificar la acción climática regional y coordinar a las demás consejerías en medidas de mitigación y adaptación. Para la gobernanza horizontal, se creó una **Comisión Interdepartamental de Cambio Climático de Castilla-La Mancha** en 2019, que reúne a representantes de todos los departamentos para elaborar, ejecutar y seguir la estrategia regional. En el ámbito de la participación, Castilla-La Mancha cuenta con un **Consejo Asesor de Medio Ambiente** (órgano consultivo con agentes sociales, sectoriales y administración), que aborda también aspectos de cambio climático –aunque no exista un consejo específico, este foro permite tratar medidas de adaptación con participación social–. La comunidad declaró la emergencia climática en 2019, lo que impulsó la adopción de su estrategia regional climática. Además, actualmente **se trabaja en un Anteproyecto de Ley de Cambio Climático** autonómica, que dotaría a la región de un marco legal específico para reforzar institucionalmente estas competencias.

Marco normativo

Castilla-La Mancha cuenta con la **Estrategia de Cambio Climático, Horizonte 2020-2030**, aprobada mediante la Orden 4/2019, de 18 de enero. Esta estrategia es un documento integral que persigue tanto la reducción de emisiones como la adaptación. Sus objetivos incluyen **identificar las amenazas del cambio climático y reducir la vulnerabilidad del territorio castellano-manchego, aumentando su capacidad de adaptación**. La Estrategia 2020-2030 se alinea con PNIEC y PNACC estatales e involucra a todos los sectores (energía, transporte, agricultura, etc.). En paralelo, desde 2020 CLM viene trabajando en su **Ley autonómica de Cambio Climático** –el anteproyecto estaba en elaboración en 2025–, que una vez aprobada consolidará las medidas de la estrategia en obligaciones legales. Mientras llega la ley, la Estrategia 2020-2030, respaldada por la Declaración de emergencia climática regional (2019), ha sido la guía. Cabe mencionar que Castilla-La Mancha fue pionera en incluir criterios climáticos en normativas sectoriales: por ejemplo, la Ley 7/2019 de Biodiversidad CLM incorporó la adaptación ecosistémica, y ya en 2010 la región aprobó la Ley 7/2010 de Montes que preveía adaptar la gestión forestal al clima futuro.

Instrumentos de planificación y estudios

La Estrategia 2020-2030 ha dado lugar a políticas tanto de mitigación (fomento de renovables) como de adaptación en CLM. Se realizaron **análisis climáticos regionales** que evidenciaron un aumento de +1,4ºC en la temperatura media regional en 40 años y una importante reducción de precipitaciones, junto con mayor frecuencia de tormentas intensas, sequías y olas de calor. Con este diagnóstico, la estrategia definió líneas de acción adaptativas. Entre ellas, **agricultura y ganadería** (sectores clave) para afrontar sequías; **gestión del agua** ante la disminución de recursos hídricos; **incendios forestales** por mayor aridez; **planificación urbana** para adaptar ciudades al calor; y **salud pública** (ej. planes ante olas de calor). Se han impulsado medidas concretas: por ejemplo, la incorporación obligatoria de evaluaciones de impacto climático en la *evaluación ambiental* de planes y proyectos (siguiendo mandatos europeos). También, CLM participa en proyectos nacionales como *"Adapta Agroclima"* con el Ministerio, para evaluar impactos en cultivos extensivos (trigo, vid). A nivel local, varios municipios de CLM se

han adherido al Pacto de Alcaldías, elaborando PAESC que incluyen secciones de adaptación. Un caso destacado es Toledo, que desarrolla un Plan de Adaptación Municipal al calor extremo. En cuanto a estudios sectoriales, se cuenta con el informe **"Análisis de los impactos del cambio climático en CLM"** de la Universidad regional (UCLM), que sirvió de base a la estrategia, identificando que **sectores como agricultura, recursos hídricos y salud son los más vulnerables**. Por último, CLM colabora con regiones vecinas en foros de adaptación en la España semiárida (Red de regiones del sur) para intercambiar buenas prácticas, dada su ubicación geográfica especialmente expuesta.

Implicaciones para la planificación hidrológica

Castilla-La Mancha abarca parte de las cuencas hidrográficas más tensionadas de España (Tajo, Guadiana, Júcar, Segura), por lo que la **gestión del agua bajo cambio climático es un asunto crítico**. La propia Estrategia regional reconoce que el cambio climático incide en sectores clave como la agricultura y ganadería a través de la disponibilidad de recursos hídricos. En un territorio de pluviometría baja y alta evaporación, se proyectan **sequías más frecuentes y largas, y eventos de lluvias torrenciales concentradas**. Así, la adaptación deberá orientarse a: mejorar la eficiencia de riego (tecnificación, cultivos resilientes), ampliar la capacidad de regulación (pequeñas balsas, recarga de acuíferos) y reforzar la cooperación interregional en trasvases y cesiones de agua, dado que CLM es cedente y receptor en diferentes sistemas.

Comunidad Valenciana

Vínculo a resumen y enlaces en AdapteCCa	https://adaptecca.es/comunidades-autonomas/comunitat-valenciana

Marco competencial

La Generalitat Valenciana articula su acción climática a través de la **Vicepresidencia Tercera y Consellería de Medio Ambiente, Infraestructuras, Territorio y Recuperación.** En la estructura administrativa, la **Subdirección General de Cambio Climático y Educación Ambiental**, dependiente de la Dirección General de Calidad y Educación Ambiental, es el órgano responsable de planificar, dirigir y coordinar las políticas de adaptación. Esta Subdirección implementa la Estrategia valenciana de cambio climático bajo la supervisión de la Secretaría Autonómica correspondiente. En 2020, la Generalitat creó la **Comisión de Coordinación de Políticas de Cambio Climático de la Comunitat Valenciana**, un órgano técnico colegiado con representantes de distintos departamentos (agricultura, agua, infraestructuras, sanidad, etc.), encargado de supervisar la elaboración, ejecución y seguimiento de la Estrategia Valenciana de Cambio Climático y los planes derivados. Para la participación social e interinstitucional, la Comunitat Valenciana cuenta con el **Consejo Asesor y de Participación del Medio Ambiente (CAPMA)**, en el cual una comisión específica trata el cambio climático, involucrando a administraciones locales, universidades, ONG ecologistas, sindicatos y empresas. Adicionalmente, existen mesas sectoriales como la **Mesa Forestal** (para temas de bosques y clima) y la **Comisión de Temperaturas Extremas** en salud pública. En resumen, la CV dispone de una arquitectura institucional participativa para la adaptación, apoyada por la ley autonómica.

Marco normativo

La Comunitat Valenciana ha dado un salto reciente con la aprobación de la **Ley 6/2022, de 5 de diciembre, de cambio climático y transición ecológica**. Esta ley autonómica establece el marco jurídico para abordar el cambio climático de forma alineada con la UE y la normativa estatal. En materia de adaptación, la Ley

6/2022 dispone la creación de un *Programa Valenciano de Adaptación* cuyo objetivo es **reducir los riesgos económicos, ambientales y sociales del cambio climático mediante la incorporación de medidas adaptativas en los instrumentos de planificación autonómicos y locales**. Asimismo, la ley refuerza la obligación de evaluar el impacto climático en proyectos y políticas públicas. Previamente, existieron dos **Estrategias Valencianas ante el Cambio Climático** (2008-2012 y 2013-2020), que sentaron bases pero quedaron desactualizadas. Ahora, al amparo de la ley, se ha elaborado la **Estrategia Valenciana de Cambio Climático y Energía 2030**, aprobada en 2023, que es el nuevo marco de acción climática regional. Esta Estrategia 2030 define objetivos y líneas en diferentes ámbitos (ciclo del agua, territorio, costas, agricultura, salud, etc.) y orienta la elaboración del futuro **Plan Valenciano Integrado de Energía y Cambio Climático 2030** (en proceso). Complementariamente, la Generalitat declaró la emergencia climática en 2019, comprometiéndose a medidas urgentes. También está integrada en la *Misión de Adaptación Europea*, habiéndose ofrecido como región piloto. En síntesis, el nuevo marco legal y estratégico coloca a la CV en una posición avanzada, subsanando la falta de una ley que antes la distinguía (es de las pocas CCAA con ley climática propia).

Instrumentos de planificación y estudios

La adaptación en la CV se sustenta en el conocimiento de su vulnerabilidad mediterránea. Estudios de la Universitat Politècnica y el CEAM han señalado que el territorio valenciano ya sufre **aumento de temperaturas y reducción de precipitaciones**, con mayor frecuencia de olas de calor y lluvias torrenciales seguidas de periodos secos prolongados. Con estos datos, la Estrategia 2030 prioriza sectores: **recursos hídricos, litoral, agricultura y salud**. En recursos hídricos, se elaboró el **Estudio de Impacto del Cambio Climático en la Demarcación del Júcar** (2018) que proyecta disminuciones de aportes de ~11% a 2039, sirviendo de base para medidas adaptativas en ese plan hidrológico. La Generalitat, vía la Confederación del Júcar, impulsa proyectos como la interconexión de acueductos y la recarga de acuíferos litorales para contener la intrusión marina. En el litoral, el **Observatorio de la Costa de la CV** monitorea la regresión de playas (por ejemplo, en la Malvarrosa de Valencia) y colabora con Costas en proyectos de soluciones basadas en la naturaleza, como restauración de dunas en Guardamar. En agricultura, el IVIA investiga nuevas variedades cítricas más resistentes a estrés hídrico y a las plagas que proliferan con el calor (el cotonet de Sudáfrica es un caso reciente). Se fomenta además el riego por goteo inteligente; hoy la gran mayoría de regadíos valencianos lo utilizan, reduciendo pérdidas y aumentando la resiliencia frente a la escasez. También se están desarrollando planes de adaptación municipales a través de la Red de Ciudades por el Clima valenciano; Valencia capital, por ejemplo, ha presentado su **Plan de Adaptación 2030** con acciones como creación de refugios climáticos, ampliación de zonas verdes y drenaje urbano sostenible para mitigar inundaciones. En el frente de salud, la CV cuenta con un plan de prevención de efectos de calor desde hace años, actualizado para cubrir más municipios y rangos de temperatura, y la Estrategia 2030 prevé integrar la adaptación en la planificación sanitaria. En síntesis, con el nuevo marco, la CV está consolidando iniciativas pre-existentes en un programa coherente: su estrategia 2030 es integradora, pero su éxito dependerá de la ejecución a través del Plan 2030 y de la coordinación con los órganos del Estado (CHJ, CHS, etc.).

Implicaciones para la planificación hidrológica

La Comunitat Valenciana es particularmente vulnerable en materia de agua por su climatología y demanda hídrica: **ya sufre estrés hídrico estructural que se agravará**. La Estrategia valenciana reconoce las amenazas a sus recursos hídricos, su biodiversidad y su economía. Afortunadamente, la nueva Ley 6/2022 exige incorporar la adaptación en planificación hídrica y local. En la práctica, esto significa que los **Planes Hidrológicos del Júcar, del Segura y del Ebro (que cubren territorio valenciano)** deberán integrar plenamente evaluaciones de cambio climático y medidas adaptativas. Por ejemplo, en el Plan del Júcar 2022-27, se ha incluido un Programa de Medidas ante escenarios de cambio climático (con proyectos de reutilización en depuradoras de l'Horta y la Safor, o el aumento de capacidad de la desaladora de Torrevieja en convenio con Murcia y Acuamed). Por otro lado, el **riesgo de inundaciones** en la CV es elevado (caso de la Dana de 2019 en la Vega Baja); la Confederación Hidrográfica del Segura está reforzando infraestructuras de drenaje y alerta temprana en esas zonas, pero hará falta planificar

más *"espacios para el agua"* (polderes, zonas inundables controladas) para eventos extremos. Igualmente, la **erosión costera** acelerada (playas de Castellón y Valencia retrocediendo varios metros) necesita un plan adaptativo: la Estrategia 2030 menciona la necesidad de definir un Plan Litoral Resiliente, que debería coordinarse con la Estrategia Nacional de Adaptación de la Costa en elaboración por el MITERD.

Región de Murcia

Vínculo a resumen y enlaces en AdapteCCa	https://adaptecca.es/comunidades-autonomas/region-de-murcia

Marco competencial

La Región de Murcia orienta sus políticas climáticas desde la **Consejería de Medio Ambiente, Universidades, Investigación y Mar Menor**. En la práctica, la estrategia climática murciana ha sido impulsada por la Secretaría Autonómica de Energía, Sostenibilidad y Acción Climática, integrada en la estructura de la citada consejería. Dependiente de la secretaría autonómica citada, existe una **Dirección General de Patrimonio Natural y Acción Climática** que se encarga entre otros aspectos del cuidado y protección del medio natural y las políticas de lucha contra el cambio climático. Un avance en gobernanza fue la creación en 2018 del Observatorio Regional del Cambio Climático, concebido como órgano asesor y de participación con presencia de universidades (UPCT, UMU), sectores económicos (agricultura intensiva, turismo) y entidades ecologistas. Este Observatorio elaboró recomendaciones para la Estrategia regional. Adicionalmente, Murcia declaró la emergencia climática en 2019, y reorganizó competencias creando inicialmente una Consejería de Medio Ambiente y Mar Menor que enfatizaba la adaptación costera. Actualmente, tras cambios de gobierno, el liderazgo recae en la consejería mencionada.

Marco normativo

La Región de Murcia aprobó en abril de 2022 su primera estrategia integrada, la **Estrategia Regional de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (ERMACC)**. Esta Estrategia surge de mandatos de la Asamblea Regional y el Consejo de Gobierno, y fue formulada por el departamento competente en cambio climático, con consulta a otros departamentos y al Observatorio Regional. La ERMACC fija dos objetivos principales: reducir un 26% las emisiones difusas en 2030 (respecto a 2005) y **lograr una región menos vulnerable al cambio climático**. Para este segundo gran objetivo, la Estrategia desarrolla 15 líneas estratégicas de actuación, muchas de ellas adaptativas. Por ejemplo, establece la **incorporación obligatoria de la variable climática en la evaluación ambiental de nuevos planes y proyectos**, fomentar acuerdos voluntarios con empresas para la adaptación, identificar medidas "ecoeficientes" (favorables ambiental y económicamente), y aplicar los escenarios de subida del nivel del mar en la planificación urbanística costera. Otras líneas adaptativas incluyen: **naturalización de espacios urbanos e infraestructura verde** (ya se impulsa un Plan de Arbolado Urbano regional), **adaptación del medio natural** (bosques y biodiversidad) para hacerlo más resiliente a sequías e incendios, **reforzar la salud pública frente a olas de calor**, impulsar la adaptación y mitigación a nivel municipal vía los PAES/PACES del Pacto de Alcaldes, e integrar la vulnerabilidad climática como criterio en la asignación de fondos europeoshttps://transparencia.carm.es/-/estrategia-regional-de-mitigacion-y-adaptacion-al-cambio-climatico?p_p_state=maximized. La ERMACC fue aprobada mediante Acuerdo de Consejo de Gobierno el 20/04/2022, sin rango de ley, pero con valor estratégico. Cabe destacar que Murcia preparó un Anteproyecto de Ley de Cambio Climático en 2020, pero quedó congelado; tras la Estrategia, en 2023 se insinuó reactivarlo, pero aún sin concretar. Por tanto, actualmente la ERMACC es la guía principal. También subsiste la *Estrategia de Economía Circular*

Región de Murcia 2020 con sinergias (por ejemplo, reutilización de aguas depuradas –importante adaptación–). Normativa sectorial relevante incluye el Plan Director de Defensa contra Inundaciones del Mar Menor (2022) y la Ley 3/2020, de 27 de julio, de recuperación y protección del Mar Menor (2020) que incorpora resiliencia en la cuenca vertiente de la laguna.

Instrumentos de planificación y estudios

La Región de Murcia, con clima semiárido, ha estado siempre atenta a los riesgos climáticos: sus planes de sequía e inundaciones llevan décadas en marcha. Sin embargo, en el contexto de cambio global, se han intensificado estudios específicos. La ERMACC se sustentó en un **Estudio de Escenarios Climáticos para Murcia** (2017) realizado por AEMET, que proyecta para fin de siglo aumentos de temperatura de +3-4ºC y disminuciones de precipitación de hasta -20% en escenarios RCP8.5. Estos cambios implican un **riesgo creciente de desertificación**. De hecho, un estudio de 2021 indicaba que **más del 80% de las tierras de regadío murcianas podrían entrar en categoría árida** bajo escenarios de emisiones altas. La Estrategia identificó sectores críticos: recursos hídricos, agricultura, zonas costeras (especialmente el Mar Menor), salud (golpe de calor, contaminación por ozono), turismo y protección civil. En agua, se realizaron análisis de las **Cuencas del Segura y del Guadalentín**, constatando que las aportaciones del Segura podrían caer un ~7% en 2039 y hasta 11-14% en 2070. Esto se refleja ya en el Plan Hidrológico del Segura 2022-27, que incorpora esas previsiones. Como medidas adaptativas, en Murcia se encuentran integradas en sus zonas regables las aguas procedentes de la **desalación y reutilización**; hoy más del 95% de las aguas residuales depuradas se reutilizan directa o indirectamente para riego, y se está ampliando la capacidad de desalación en las plantas de Torrevieja, Águilas y Valdelentisco. Otro ámbito es la costa; el **Mar Menor** sufre episodios de temperaturas inusualmente cálidas del agua que precipitan crisis ambientales (anoxia). La adaptación aquí pasa por restaurar su equilibrio: se implementan filtros verdes artificiales para tratar efluentes procedentes de escorrentías agrarias y se evitan vertidos de nutrientes que agraven la vulnerabilidad de la laguna a olas de calor. En infraestructura, tras la **Dana de 2019** que anegó la Vega Baja y áreas de Murcia, se aceleró la construcción de infraestructuras para la protección de los núcleos de población frente a inundaciones. Por último, en cuanto al fomento de la investigación local: la Universidad de Murcia lidera proyectos sobre resiliencia de cultivos leñosos (almendro, olivo) a sequía prolongada, y el CEBAS-CSIC estudia la recuperación de suelos salinizados, vital ante la eventual subida del nivel freático por menos recarga y más intrusión marina. A nivel municipal, Murcia capital aprobó en 2022 su Plan de Acción Climática con medidas como corredores verdes para refrescar la ciudad y aumentar capacidad de drenaje. Otros municipios como Cartagena y Lorca avanzan en planes similares.

Implicaciones para la planificación hidrológica

En la Región de Murcia, con unas precipitaciones medias anuales en torno a 300 mm y gran variabilidad interanual, el cambio climático amenaza con hacer permanente la situación de escasez. La adaptación en la planificación hidrológica del Segura es por tanto esencial. El Plan Hidrológico del Segura 2022-27 ya reconoce en su sistema de explotación único, un déficit estructural que podría ampliarse con el cambio climático. La Confederación del Segura plantea medidas como: maximizar la producción de agua no convencional, mejorar la eficiencia de riego (actualmente ya muy alta gracias al riego por goteo extendido en la Región de Murcia), y desarrollar infraestructuras verdes en cuencas vertientes para laminar avenidas y aumentar la infiltración hacia los acuíferos (por ejemplo, se proponen diques de retención en ramblas). Asimismo, la disponibilidad futura del **Trasvase Tajo-Segura**, puede menguar como consecuencia de las mayores necesidades de agua en la cuenca cedente y el cambio climático en el alto Tajo. Aquí la adaptación pasa por planificar una agricultura más resiliente con cultivos de mayor valor añadido, nuevas tecnologías de sensorización de la aplicación de agua y fertilizante a través del riego, e incluso cambios de modelo (incorporar energías renovables a la desalación para disminuir la tarifa final). En cuanto a riesgos de inundación costera, la subida del Mediterráneo (estimada ~+20 cm en 2050) puede afectar playas turísticas (La Manga y Puerto de Mazarrón), por lo que se planea trabajar con la Demarcación de Costas para mantener los sistemas dunares de **playa como defensa natural** y no recurrir a diques que a veces provocan efectos adversos al agravar la erosión en otros tramos litorales.

Anejo 2. Notas metodológicas sobre el tratamiento de los datos hidrológicos y climáticos

1. Modelo SIMPA (CEDEX)

El Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX desarrolla y mantiene el **modelo SIMPA (Sistema Integrado de Modelación Precipitación-Aportación)**, utilizado en España para la evaluación de los recursos hídricos en régimen natural.

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/cedex-informeerh2019_tcm30-518171.pdf

El modelo SIMPA proporciona información mensual en formato ráster, con una resolución espacial de 500 x 500 m, desde octubre de 1940 hasta septiembre de 2023, para diferentes variables: Aportación acumulada en la red de drenaje (hm^3), Escorrentía superficial (mm), Escorrentía subterránea (mm), Escorrentía total (mm), Evapotranspiración Potencial (mm), Evapotranspiración Real (mm), Humedad en el suelo (mm), Infiltración (mm), Precipitación (mm), Temperatura media (ºC) y Volumen almacenado en forma de nieve (mm).

Partiendo de estas series mensuales se han obtenido mes a mes, tres parámetros adicionales:

- El balance hídrico: representado como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial.
- El déficit hídrico: obtenido como diferencia entre la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real.
- El índice de Aridez: calculado como el cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial.

Adicionalmente, con el fin de disponer de la información en diferentes unidades, todas las variables se han expresado tanto en mm como en hm^3. La conversión de mm a hm^3 se ha realizado multiplicando el valor de cada celda por un factor de conversión dependiente de su superficie.

Por último, se han agregado los archivos mensuales de cada variable y se han obtenido los ráster anuales por año hidrológico. A partir de estos archivos se han construido los dos periodos de referencia (1940-1980 y 1980-2023) y se han calculado los ráster estadísticos representativos de la mediana anual de cada periodo.

2. Modelo SIMPA + Escenarios de Cambios Climático (CEDEX)

La evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos se ha realizado a partir de la información facilitada por el CEDEX en 2025, en el marco de la actualización de los trabajos de Evaluación del Impacto del Cambio Climático en los Recursos Hídricos y Sequías en España (CEDEX, 2017), así como de la Memoria de la Encomienda de Gestión correspondiente.

El conjunto de datos de proyecciones climáticas proporcionado por el CEDEX integra archivos en formato ráster, con una resolución espacial de 500 × 500 m y cobertura para todo el territorio nacional.

Los archivos facilitados se corresponden con las variables de escorrentía total (mm), evapotranspiración potencial (mm), evapotranspiración real (mm), recarga de acuíferos (mm), precipitación (mm), acumulación nival (mm) y aportación (hm^3). Para cada una de estas variables se dispone de un ráster representativo del valor medio anual para cada combinación de modelo climático (11 en total), horizonte temporal (2030–2060, 2050–2080 y 2070–2100) y escenario de emisiones (emisiones medias, SSP2-4.5 y emisiones muy altas, SSP5-8.5). Esta información se facilita junto con los archivos correspondientes al periodo de control (1980–2010).

El ensemble definitivo de modelos climáticos utilizados se basa en la selección realizada por AEMET, que identifica los mejores modelos por familia climática según su posición en la clasificación de Correa et al. (2023). En total, se consideran 11[1] modelos climáticos globales (GCM), de los cuales se derivan 33 escenarios climáticos regionalizados (ECR): 11correspondientes al periodo histórico o de control y 22 proyecciones futuras, 11 para el escenario SSP2-4.5 (emisiones intermedias) y 11 para el escenario SSP5-8.5 (altas emisiones de gases de efecto invernadero). A continuación, se describe el conjunto de modelos climáticos considerados:

- CMCC-CM2-SR5_r1i1p1f1 (I): Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Italia
- CNRM-ESM2- 1_r1i1p1f2 (F): Centre National de Recherches Meteorologiques, Francia
- EC-Earth3- Veg_r1i1p1f1 (E): EC-Earth Consortium, Europa
- MIROC6_r1i1p1f1 (R): JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology), Japón
- MPI-ESM1-2- HR_r1i1p1f1 (M): Max Planck Institute (MPI) for Meteorology, Alemania
- NorESM2- MM_r1i1p1f1 (G): Consorcio (CICERO, MET-Norway, NERSC, NILU, UiB, UiO y UNI), Noruega
- ACCESS-CM2_r1i1p1f1 (A): CSIRO y Bureau of Meteorology (BoM), Australia
- IITM-ESM_r1i1p1f1 (D): Centre for Climate Change Research, Indian Institute of Tropical Meteorology, India
- KACE-1-0-G_r1i1p1f1 (K): National Institute of Meteorological Sciences/Korea Meteorological Administration, Climate Research Division, Corea del Sur
- MRI-ESM2- 0_r1i1p1f1 (U): Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japón
- UKESM1-0- LL_r2i1p1f2 (H): Met Office Hadley Centre, Reino Unido

Con el objetivo de disponer de un valor ensemble representativo, a partir de esta información se ha obtenido el ráster de la media del conjunto de los 11 modelos climáticos, para cada combinación de variable, horizonte y escenario, así como para el periodo de control.

Posteriormente, a partir de estos resultados se han generado una serie de archivos adicionales para cada combinación de variable, horizonte temporal y escenario, que permiten un análisis espacial detallado celda a celda:

- Ráster de valor absoluto, incluyendo el correspondiente al periodo de control.
- Ráster de variación absoluta, que representa el cambio de la variable respecto al periodo de control en términos absolutos.
- Ráster de variación porcentual, que representa el cambio de la variable respecto al periodo de control en términos relativos.

Adicionalmente, se generado esta misma información para las variables derivadas de balance hídrico (calculado como la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial), déficit hídrico (diferencia entre la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real) e índice de aridez (cociente entre la precipitación y la evapotranspiración potencial).

Por último, y con el fin de facilitar su integración en distintos análisis, todas las variables se han expresado tanto en milímetros (mm) como en hectómetros cúbicos (hm^3). La conversión de mm a hm^3 se ha realizado multiplicando el valor de cada celda por un factor de conversión dependiente de su superficie.

[1] Con el sufijo _r1i1p1f1 se indica la variante de la simulación con un único MCG y hace referencia al miembro del ensemble (r), condiciones iniciales (i), parametrización física (p) y forzamiento (f).

3. Escenarios de Cambio climático (Adaptecca)

El Visor de Escenarios de Cambio Climático (AdapteCCa), desarrollado en el marco del PNACC, facilita la consulta de los escenarios de cambio climático para España, proporcionando valores medios y extremos de distintas variables climáticas para diferentes modelos, escenarios de emisiones y periodos temporales.

Las proyecciones se basan en el conjunto de modelos del CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6), regionalizados sobre una rejilla observacional de 5 × 5 km. Los resultados se presentan como media del ensemble, obtenida a partir del promedio de varios modelos climáticos globales previamente reescalados a una resolución espacial común. El uso de la media del ensemble permite reducir la incertidumbre asociada a modelos individuales y proporciona una señal climática más estable y robusta para el área de estudio.

Estas proyecciones han sido elaboradas por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), mediante técnicas de regionalización estadística. En concreto, se emplea el método ESDRegBA, desarrollado por AEMET, para los índices dependientes de la temperatura, y el método DeepESD, desarrollado por el CSIC, para los índices dependientes de la precipitación y de la evapotranspiración potencial.

Los escenarios de emisiones considerados son SSP2-4.5 (emisiones intermedias) y SSP5-8.5 (emisiones muy altas). A diferencia de los escenarios RCP, los SSP incorporan explícitamente un contexto socioeconómico asociado a las trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero. Los periodos futuros analizados corresponden a los horizontes cercano (2011–2040), medio (2041–2070) y lejano (2071–2100), tomando como periodo de control el intervalo 1971–2000.

Para la representación de la evolución futura de cada variable se han elaborado seis mapas, correspondientes a cada combinación de periodo futuro y escenario de emisiones, utilizando ráster agregados por año completo.

Con el fin de mantener la coherencia con el resto de las variables empleadas en el documento, también se han generado mapas representativos del periodo histórico para dos intervalos adicionales (1951/52–1979/80 y 1980/81–2020/21). Estos datos no se encuentran disponibles directamente a través del visor AdapteCCa, pero han sido obtenidos mediante el servicio THREDDS Data Server (TDS), que permite la descarga de los conjuntos de datos utilizados por la aplicación.

Finalmente, se han calculado los mapas de variación de las proyecciones futuras respecto al periodo de control para cada combinación de escenario y horizonte temporal: variación 2011–2040, 2041–2070 y 2071–2100, tanto para el escenario SSP2-4.5 como para el SSP5-8.5.

Anejo 3. Identificación de riesgos e impactos relevantes para la planificación hidrológica

Introducción

Este anejo establece el catálogo de situaciones de impacto/riesgo sectoriales que se consideran relevantes para la planificación hidrológica en el marco del Estudio de Adaptación al Cambio Climático (EACC). En esta primera generación de estudios, el catálogo actúa como un lenguaje común entre demarcaciones: delimita un conjunto manejable y comparable de consecuencias potenciales del cambio climático sobre sistemas y usos dependientes del agua, que sirve de base para el contraste con el diagnóstico del plan y para orientar la priorización de líneas de adaptación.

Tal y como se describe en el capítulo 4 de la Memoria (evaluación de riesgos), el EACC se apoya en el marco conceptual del IPCC y en las guías elaboradas por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), combinando peligro (amenaza climática), exposición y vulnerabilidad. A efectos operativos se trabaja con una lista única de situaciones de impacto/riesgo que integra, para cada caso, la consecuencia esperable (impacto) y su potencial materialización (riesgo). Esta aproximación mantiene la distinción conceptual entre impacto (consecuencia) y riesgo (posibilidad de consecuencia adversa), y facilita una evaluación homogénea en un ejercicio que, por diseño, es de alcance general y pretende ser comparable entre demarcaciones.

El catálogo constituye el universo homogéneo de referencia para la caracterización posterior mediante fichas de impacto (Anejo 4) y para la priorización y selección de impactos clave (Anejo 5). En la práctica, cada situación de impacto/riesgo funciona como un nodo de la cadena causal: permite relacionar amenazas climáticas con exposición y vulnerabilidad, y mantener una trazabilidad consistente desde la identificación inicial hasta (i) la evaluación espacial del riesgo (capítulo 6) y (ii) la formulación de medidas de adaptación y de refuerzo de la resiliencia (capítulo 7).

La catalogación responde al mandato normativo y estratégico (art. 4bis del RPH, Ley 7/2021, de 20 de mayo y normativa conexa) y se orienta a los ámbitos sobre los que la planificación hidrológica tiene capacidad de diagnóstico y respuesta: (i) el estado de las masas de agua y ecosistemas asociados, (ii) las garantías y la calidad del recurso para usos socioeconómicos dependientes del agua, y (iii) los extremos hidrológicos y procesos relevantes para la gestión (p. ej., inundaciones, sequías, procesos de sedimentación), incluyendo su repercusión sobre infraestructuras y servicios esenciales.

El catálogo se ha construido apoyándose en las tipologías de impactos recogidas en la «Guía metodológica para el desarrollo de los trabajos de evaluación de riesgos y estudios específicos de adaptación al cambio climático en las demarcaciones hidrográficas» (UPV, 2025) y en las cadenas de impacto sectoriales de ERICC, complementadas con otras referencias nacionales e internacionales. La correspondencia con dichas tipologías se explicita en las secciones de Justificación y alcance de cada familia, donde se aclara también cuándo un impacto se recoge de forma desagregada o, en su caso, se sintetiza para evitar duplicidades (p. ej., entre calidad fisicoquímica, efectos biológicos y estado DMA) y mantener un catálogo operativo para su caracterización homogénea.

El catálogo se organiza en ocho familias (SW, GW, ECS, AU, AG, EI, RE, AC) y explicita, cuando procede, interacciones y eventos compuestos de manera representativa y comparable entre demarcaciones. La presencia de impactos síntesis responde a este objetivo: recoger señales integradas relevantes para la priorización sin impedir que, en fases posteriores, se profundice con el diagnóstico específico de presiones, indicadores y masas afectadas.

Los criterios de inclusión han sido: relevancia para objetivos ambientales y gestión (DMA, caudales ecológicos, disponibilidad y calidad), importancia socioeconómica, representatividad sectorial, correspondencia con peligros climáticos clave (sequías, crecidas, incremento de temperatura y elevación del nivel del mar), coherencia con cadenas de impacto y viabilidad de una caracterización homogénea con la información disponible. El catálogo no pretende ser exhaustivo ni sustituye a evaluaciones sectoriales detalladas: sirve como base común para el contraste y la priorización en los anejos posteriores y podrá refinarse en ciclos futuros conforme se disponga de mejor evidencia, indicadores y experiencia de implementación.

SW. Impactos en aguas superficiales

Justificación y alcance

La **categoría SW** reúne impactos que se manifiestan principalmente en ríos, arroyos, lagos, embalses y aguas de transición asociadas a la dinámica fluvial, afectando a su régimen hidrológico y, especialmente, a condiciones fisicoquímicas y de calidad que determinan el estado de las masas de agua y su aptitud para usos. En planificación hidrológica, estos impactos son críticos por su vínculo con: (i) objetivos ambientales (DMA), (ii) condicionantes de explotación (disponibilidad, regulación y restricciones), y (iii) fiabilidad de usos dependientes de caudales y calidad.

En línea con la tipología de impactos propuesta en UPV 2025 (sección 4.7, Tabla 2), la selección SW –estrechamente vinculados a los grupos de amenazas regionales hidrometeorológicas (p) e hidrológicas (H)– prioriza las vías hidrológicas y fisicoquímicas con mayor relevancia operativa en el ciclo de planificación: intermitencia/estiajes, menor dilución y concentración de contaminantes, cambios de salinidad y pH, turbidez y eutrofización, y picos de contaminación asociados a inundaciones. Los impactos biológicos más desagregados (hábitats, indicadores bióticos, invasoras), así como los procesos de sedimentos e incendios, se recogen en ECS o se sintetizan en SW7 (estado DMA), evitando duplicidades y manteniendo un catálogo manejable para su caracterización homogénea.

Impactos considerados

SW1. Aumento de la intermitencia de ríos y arroyos. Incremento de tramos con caudal nulo o muy bajo, estiajes prolongados y desconexión hidrológica, con pérdida de funcionalidad ecológica y de servicio. Puede traducirse en restricciones operativas, pérdida de hábitat acuático y mayor sensibilidad a episodios de contaminación por falta de capacidad de autodepuración.

SW2. Aumento de la concentración de contaminantes por menor dilución. Con caudales más bajos, las cargas puntuales y difusas generan concentraciones más altas (nutrientes, sales, materia orgánica, microcontaminantes), incrementando el riesgo de incumplimientos de objetivos y usos. Afecta tanto a masas de agua como a la aptitud de agua bruta para potabilización y a costes de tratamiento.

SW3. Alteraciones de parámetros fisicoquímicos (pH, salinidad). Cambios en salinidad, pH y otros parámetros (conductividad, alcalinidad) por combinación de menor aportación, mayor evaporación, cambios en retornos y procesos biogeoquímicos. Estas alteraciones condicionan comunidades biológicas, corrosividad, compatibilidad con usos y procesos de tratamiento.

SW4. Incremento de turbidez y sólidos en suspensión. Mayor frecuencia de episodios de alta turbidez por eventos de lluvia intensa, erosión y remoción de sedimentos, con impacto directo sobre hábitats, captaciones y potabilización. Puede incrementar necesidades de pretratamiento, limpieza de infraestructuras y, en casos severos, interrupciones temporales de captación.

SW5. Eutrofización de masas de agua lénticas. Condiciones más favorables para proliferación de algas/cianobacterias en embalses y lagos por mayor temperatura, estratificación y aportes de nutrientes, con efectos sobre oxígeno disuelto, olores/sabores y toxinas. Se traduce en deterioro de estado, restricciones de uso recreativo y mayores costes de potabilización.

SW6. Contaminación difusa provocada por inundaciones. Episodios de inundación y escorrentía intensa pueden movilizar fertilizantes, pesticidas, patógenos y sedimentos desde suelos agrarios/urbanos hacia la red fluvial. Genera picos de concentración, mortalidad de fauna y afectación a usos aguas abajo, con una dinámica pulsátil difícil de gestionar.

SW7. Empeoramiento del estado de las masas de agua superficiales (DMA). Impacto agregado que sintetiza el resultado neto de cambios hidrológicos, térmicos, de calidad, hábitat y presiones asociadas. Es particularmente relevante como señal integrada para priorizar verificación y medidas, sin sustituir el análisis de presiones/indicadores específicos.

GW. Impactos en aguas subterráneas

Justificación y alcance

La **categoría GW** agrupa impactos que se expresan en acuíferos y masas de agua subterránea, afectando su cantidad (recarga, niveles) y calidad (salinización, concentración y evolución geoquímica), con efectos directos sobre garantías de suministro, estado (DMA) y costes de tratamiento/gestión. Se mantiene una categoría específica por la naturaleza diferenciada de los procesos subterráneos, su inercia temporal y su papel estratégico en sequías y regulación natural.

De la tipología recogida en la Guía UPV 2025, se han seleccionado los procesos subterráneos con mayor relevancia para demarcaciones mediterráneas y litorales: intrusión salina en acuíferos costeros (GW1), deterioro químico por concentración y cambios geoquímicos (GW2) y el desajuste del balance cuantitativo junto con el deterioro del estado (GW3). El impacto "balance de aguas subterráneas" de la Guía se conceptualiza como factor de peligro (H2 Descenso de niveles freáticos y agotamiento de manantiales) y su impacto se incorpora en GW3 como componente cuantitativo de evaluación del estado (recarga-extracciones y descensos piezométricos).

Impactos considerados

GW1. Intrusión salina en acuíferos costeros. Intrusión salina en acuíferos costeros. Avance de la cuña salina y salinización por combinación de ascenso del nivel del mar, descenso de niveles piezométricos y cambios en la recarga. Reduce la disponibilidad de recurso utilizable, afecta a abastecimientos/regadíos y puede implicar irreversibilidades o recuperaciones lentas.

GW2. Merma de calidad química de las aguas subterráneas. Aumento de concentraciones (nitratos, sales, contaminantes) por menor dilución, cambios geoquímicos y movilización/entrada de contaminantes; incluye empeoramiento de parámetros que condicionan el buen estado químico. Incrementa costes de tratamiento y restricciones de uso, y puede agravar presiones sobre masas superficiales al desplazar demandas.

GW3. Empeoramiento del estado de las masas de agua subterráneas (DMA). Impacto síntesis que refleja el resultado neto de presiones cuantitativas (desajuste recarga-extracciones, descensos piezométricos) y cualitativas, con efectos directos sobre objetivos ambientales y medidas del plan. Se utiliza como indicador agregado de tensión, a contrastar con diagnóstico específico de cada masa.

ECS. Impactos territoriales y ecosistémicos

Justificación y alcance

La **familia ECS** reúne impactos de amplio espectro que afectan a la funcionalidad ecológica y territorial vinculada al agua y, en muchos casos, a la actividad económica, la seguridad hídrica y al riesgo de desastres. Incluye efectos del calentamiento, alteraciones hidromorfológicas y biológicas, riesgos emergentes (invasoras, patógenos), procesos de sedimentación y, especialmente, impactos sistémicos por sequías e inundaciones (fluviales/pluviales y costeras), además del papel de incendios en la dinámica hidrológica y de sedimentos.

En consonancia con la Guía UPV 2025 y con ERICC, la familia ECS agrupa los impactos ecosistémicos y territoriales que no quedan plenamente descritos por las variables fisicoquímicas de SW/GW y que son determinantes para los objetivos ambientales, la reducción del riesgo de desastres y la continuidad de servicios. Se incluyen: calentamiento y efectos ecológicos (hábitats, comunidades, especies), procesos amplificadores (invasoras, patógenos/contaminantes emergentes, sedimentación) y daños sistémicos por extremos (sequías, inundaciones fluviales/pluviales y costeras) e incendios. Esta selección mantiene el catálogo sintético sin renunciar a la consideración de interacciones e impactos en cascada.

Impactos considerados

ECS1. Elevación de la temperatura del agua en ríos, lagos y embalses. Aumento térmico con efectos sobre oxígeno disuelto, estratificación, metabolismo y aptitud de hábitats. Puede agravar episodios de eutrofización, favorecer patógenos y reducir la idoneidad para especies sensibles.

ECS2. Deterioro de la funcionalidad de los hábitats acuáticos. Pérdida de refugios, conectividad y calidad de hábitat por combinación de estiajes, cambios morfológicos, temperatura y presión antrópica. Afecta a reproducción, migración y resiliencia ecológica, con implicaciones para objetivos ambientales y caudales ecológicos.

ECS3. Alteración de las comunidades biológicas (fauna y flora). Cambios en composición, fenología y estructura trófica por calentamiento, extremos y calidad; incluye desplazamientos de rangos y simplificación de comunidades. Puede reflejarse en deterioro de indicadores biológicos y pérdida de servicios ecosistémicos.

ECS4. Afección a especies emblemáticas y endémicas. Mayor riesgo para especies con nichos estrechos o alta dependencia de condiciones frías/estables y caudales suficientes. La pérdida local de poblaciones puede tener impacto ecológico y social (conservación, patrimonio natural, pesca recreativa).

ECS5. Degradación de ecosistemas ribereños y terrestres asociados. Estrés hídrico y térmico sobre bosques de ribera, humedales y mosaicos dependientes de niveles freáticos y caudales, con pérdida de sombra/refugio, filtración natural y estabilización de márgenes. Repercute en calidad del agua, biodiversidad y dinámica de sedimentos.

ECS6. Expansión de especies exóticas invasoras. Condiciones más cálidas y alteraciones hidrológicas pueden favorecer establecimiento y expansión de invasoras, con competencia, depredación o alteración del hábitat. Incrementa costes de gestión y puede comprometer objetivos de conservación y estado.

ECS7. Proliferación de patógenos y contaminantes emergentes. Mayor probabilidad de presencia/efecto de patógenos y microcontaminantes por calentamiento, menor dilución y eventos extremos que movilizan cargas. Afecta a ecosistemas y puede trasladarse a riesgos para usos recreativos y abastecimiento.

ECS8. Incremento de la sedimentación en embalses y cauces. Aumento del aporte sólido por erosión y extremos, y/o movilización post-incendio, con colmatación de embalses, pérdida de capacidad útil y alteración de hábitats. Es especialmente relevante para planificación por su efecto sobre regulación, laminación de avenidas y vida útil de infraestructuras.

ECS9. Daños sistémicos (sociales, económicos, ambientales) por sequía prolongada. Efectos agregados de sequías persistentes: restricciones multisectoriales, degradación ecológica, tensiones socioeconómicas y deterioro de servicios. Se trata de un impacto "transversal" que captura la naturaleza compuesta del riesgo de sequía y sus cascadas.

ECS10. Daños sistémicos por avenidas fluviales e inundaciones pluviales. Daños a población, activos e infraestructuras por crecidas y lluvias intensas, incluyendo impactos simultáneos en movilidad, servicios, actividad económica y medio ambiente. Relevante por su componente de riesgo de desastre y por las implicaciones de ordenación y medidas estructurales/no estructurales.

ECS11. Daños sistémicos por inundaciones costeras y temporales marítimos. Daños por combinación de nivel del mar, oleaje y tormentas, afectando a llanuras litorales, deltas, infraestructuras y actividades económicas. Conecta con riesgos costeros y puede afectar a desembocaduras, estuarios y sistemas de drenaje.

ECS12. Elevación del nivel freático y drenaje deficiente en llanuras litorales. Aumento de niveles freáticos y dificultades de drenaje en zonas bajas, con encharcamientos, salinización secundaria y afecciones a infraestructuras y usos. Es relevante para planificación por su relación con redes de drenaje, bombeos y gestión integrada litoral–acuífero–río.

ECS13. Incremento de la incidencia de incendios forestales asociados al clima. Mayor recurrencia/severidad de incendios con efectos hidrológicos: pérdida de cubierta, aumento de escorrentía y erosión, deterioro de calidad y aportes sólidos a cauces y embalses. Es un amplificador clave de procesos de sedimentación y de degradación ecosistémica.

AU. Impactos en abastecimiento y saneamiento urbano

Justificación y alcance

La **categoría AU** recoge impactos sobre el ciclo urbano del agua (captación, potabilización, almacenamiento, distribución, saneamiento, depuración y drenaje urbano), con afección directa a la salud pública y a la continuidad de un servicio esencial. En planificación hidrológica, AU es clave por su prioridad de uso, por su dependencia de recursos de calidad suficiente y por su exposición a sequías, inundaciones y fallos de infraestructura.

De los impactos urbanos recogidos en la Guía UPV 2025 (sección 4.7, Tabla 3) se seleccionan aquellos directamente vinculados a la garantía y calidad del suministro y a la resiliencia de infraestructuras del ciclo urbano del agua: garantía de suministro (AU1), demanda (AU2), calidad del agua bruta (AU3) y afectación del saneamiento/drenaje e infraestructuras en episodios de lluvia intensa e inundación (AU4-AU5). Los impactos de la Guía relativos a aliviaderos, colapso de colectores e inundaciones se integran en AU4 y AU5 para mantener una tipología homogénea y comparable. Se incorpora AU6 para recoger el efecto sobre salud pública, coherente con el énfasis de Guía t ERICC en la seguridad de las personas.

Impactos considerados

AU1. Reducción de la garantía de suministro al abastecimiento. Mayor probabilidad de restricciones por menor disponibilidad, sequías más frecuentes o competencia por el recurso, afectando continuidad y niveles de servicio. Incluye vulnerabilidades en sistemas dependientes de una sola fuente o con limitada capacidad de regulación/interconexión.

AU2. Incremento de la demanda de agua potable. Aumento de consumos por olas de calor, cambios estacionales, turismo y adaptación doméstica (refrigeración, higiene), con picos que pueden tensionar captaciones, depósitos y redes. Puede amplificar déficits en periodos secos y exigir ajustes operativos y de gestión de la demanda.

AU3. Deterioro de la calidad del agua bruta para potabilización. Empeoramiento de turbidez, materia orgánica, nutrientes, salinidad u otros parámetros en fuentes, elevando complejidad y coste de tratamiento. Puede ocasionar episodios de no aptitud temporal, necesidad de fuentes alternativas o mezclas, y mayores exigencias de control.

AU4. Estrés en las redes de saneamiento y drenaje urbano. Sobrecarga de redes y aliviaderos por lluvias intensas, incremento de caudales punta y entrada de aguas parásitas, con riesgo de vertidos y contaminación. Afecta a cumplimiento normativo, a calidad de aguas receptoras y a salud pública.

AU5. Daños en los servicios del ciclo urbano del agua por inundaciones. Afecciones a ETAP/EDAR, bombeos, colectores y activos críticos por inundación fluvial o pluvial, con interrupciones de servicio y vertidos accidentales. Puede requerir medidas de protección de infraestructuras, redundancias y planes de emergencia.

AU6. Problemas de salud pública asociados al agua. Riesgos sanitarios por cortes de suministro, baja presión, intrusión de contaminantes, desbordamientos y proliferación microbiana en condiciones cálidas. Incluye brotes de enfermedades de origen hídrico y exposición a patógenos, especialmente en eventos extremos.

6. AG. Impactos en el sector agrario

Justificación y alcance

La **familia AG** reúne impactos del cambio climático sobre agricultura y ganadería en lo que respecta a su relación con el agua: (i) disponibilidad y garantía de suministro del regadío; (ii) demanda de riego y cambios en necesidades; y (iii) efectos productivos y territoriales (secano, idoneidad de cultivos, plagas, daños por extremos, degradación del suelo). Es una categoría central para planificación hidrológica por el peso del regadío en la demanda y por su exposición simultánea a sequías y extremos.

En correspondencia con los impactos agrarios de la Guía UPV 2025 el conjunto AG cubre el estrés hídrico en secano (AG1), el incremento de la demanda de riego (AG3), la pérdida de garantía de suministro al regadío (AG2) y los cambios en la idoneidad y calendarios de cultivo (AG4). Se completa con presiones bióticas y productivas (AG5-AG7), daños por eventos extremos (AG8) y degradación del suelo (AG9), como vías relevantes de vulnerabilidad y de presión sobre los recursos hídricos que afectan en diverso grado a la planificación hidrológica y sectorial.

Impactos considerados

AG1. Mayor estrés hídrico en cultivos de secano. Reducción de rendimientos por sequías más frecuentes/intensas y aumento de evapotranspiración, con riesgo de abandono, cambios de uso y pérdida de viabilidad en zonas marginales. Aunque no consume agua regulada, su adaptación incide en el territorio y el ciclo hidrológico (cobertura, erosión, recarga).

AG2. Reducción de la garantía de suministro del regadío. Mayor frecuencia de restricciones y menores dotaciones por menor disponibilidad, priorización de usos y sequías prolongadas, afectando estabilidad económica y planificación de campañas. Puede aumentar la demanda de fuentes alternativas y tensiones en acuíferos.

AG3. Incremento de la demanda de riego. Aumento de necesidades netas por temperaturas más altas y cambios fenológicos, elevando consumos potenciales y competencia por el agua. Puede traducirse en presión adicional sobre regulación, asignaciones y caudales ambientales, incluso con mejoras de eficiencia.

AG4. Cambios en la idoneidad de cultivos y en los calendarios agrícolas. Desplazamientos de áreas aptas, cambios en fechas de siembra/cosecha y en ciclos de cultivo, con implicaciones para demanda estacional de riego y planificación de recursos. Puede inducir transiciones a cultivos distintos (incluidos más demandantes) o relocalizaciones.

AG5. Proliferación de plagas, malas hierbas y enfermedades. Mayor presión de plagas y patógenos favorecida por temperaturas altas y cambios de humedad, con potencial aumento de tratamientos y costes. Puede incrementar riesgos indirectos sobre calidad del agua por mayor uso de fitosanitarios y escorrentía asociada a episodios extremos.

AG6. Impactos en la producción ganadera intensiva. Afección por estrés térmico, aumento de consumos y costes de refrigeración, y vulnerabilidad de suministro de agua para animales y limpieza. Además, la menor disponibilidad y el encarecimiento de piensos (por impactos agrícolas) pueden amplificar riesgos económicos.

AG7. Impactos en la producción ganadera extensiva. Reducción de pastos y disponibilidad de agua en fuentes naturales por aridez y estiajes, con menor capacidad de carga y riesgo de abandono. Puede acelerar procesos de degradación en sistemas agrosilvopastoriles y aumentar exposición a incendios.

AG8. Daños agrícolas por eventos hidrometeorológicos extremos distintos de la sequía. Pérdidas por inundaciones, tormentas intensas, granizo u olas de calor que afectan directamente a cosechas e infraestructuras agrarias. Puede generar impactos económicos abruptos y contribuir a erosión y arrastre de contaminantes hacia cursos de agua.

AG9. Pérdida de fertilidad o erosión de suelos. Intensificación de erosión por pérdida de cubierta, lluvias intensas y manejo inadecuado en condiciones más áridas. Es un impacto estructural por su posible irreversibilidad, por su vínculo con desertificación y por su contribución a sedimentación y deterioro de calidad aguas abajo.

EI. Impactos en los sectores energético e industrial

Justificación y alcance

La **categoría EI** agrupa impactos del cambio climático en usos energéticos e industriales dependientes del agua, incluyendo generación hidroeléctrica, refrigeración en centrales e industria, continuidad de infraestructuras y disponibilidad de agua para procesos. En planificación hidrológica, esta familia es relevante por la competencia intersectorial por recursos en sequía, por el papel de embalses y caudales en la operación energética y por la exposición de activos críticos a extremos.

En línea con la Guía UPV 2025, se incorporan los impactos energéticos directamente relacionados con hidrología y temperatura del agua (EI1-EI2). Se completan con impactos sobre infraestructuras y procesos industriales (EI3-EI4) por su dependencia del agua y su papel en riesgos en cascada. EI5 recoge posibles tensiones asociadas a bioenergía y nuevos sistemas energéticos cuando impliquen presión adicional o cambios en la demanda/gestión del agua. Así se mantiene coherencia con la tipología de referencia y se capturan tensiones hidrológicas relevantes para el plan.

Impactos considerados

EI1. Disminución de la producción hidroeléctrica. Reducción del caudal turbinable por menores aportaciones y mayor frecuencia de sequías, afectando generación media y capacidad de regulación. Puede alterar operación de embalses y competencia por volúmenes, con efectos económicos y de seguridad energética.

EI2. Limitaciones en la refrigeración de centrales térmicas e industriales. Restricciones por menor disponibilidad de agua, mayores temperaturas y límites ambientales, reduciendo rendimiento o forzando paradas. Afecta tanto a centrales térmicas como a instalaciones industriales con altas necesidades de refrigeración/proceso.

EI3. Daños en infraestructuras energéticas por eventos extremos. Daños directos por inundaciones, tormentas o incendios sobre redes, subestaciones, instalaciones y accesos, con interrupciones de servicio. Incluye riesgos compuestos cuando coinciden extremos (p. ej., inundación + fallo de suministro).

EI4. Afectación de la producción industrial por escasez de agua. Reducción o parada de procesos por falta de agua suficiente en cantidad/calidad, especialmente en industrias intensivas en agua o localizadas en cuencas tensionadas. Puede generar pérdidas económicas y efectos en cadena en cadenas de suministro regionales.

EI5. Impacto en la bioenergía y nuevos sistemas energéticos. Cambios en disponibilidad de biomasa y agua requerida para producción/transformación (bioenergía), y posibles nuevas demandas asociadas a sistemas emergentes (p. ej., hidrógeno, refrigeración adicional). Puede reconfigurar competencia por el agua y requerir planificación preventiva de compatibilidad sectorial.

RE. Impactos en los usos recreativos y turismo vinculados al agua

Justificación y alcance

La **categoría RE** incorpora impactos sobre usos recreativos (baño, deportes acuáticos, navegación interior) y turismo dependiente de ríos, embalses, humedales, cascadas y paisajes vinculados al agua. En planificación hidrológica, estos usos suelen ser de menor prioridad legal, pero pueden tener alto valor socioeconómico local y ser sensibles a la calidad del agua, a niveles/caudales y a extremos (olas de calor, temporales, inundaciones).

Partiendo del impacto identificado en la Guía UPV 2025 y del carácter transversal de los usos recreativos y el turismo vinculados al agua, se priorizan cuatro vías: calidad sanitaria de aguas de baño y recreo (RE1), disponibilidad de caudales y niveles (RE2), pérdida de atractivos naturales dependientes del agua (RE3) y alteraciones de la temporada turística por clima extremo (RE4). Otros efectos más específicos pueden considerarse integrados en estas rutas de impacto, manteniendo un catálogo sintético y comparable.

Impactos considerados

RE1. Deterioro de la calidad de aguas de baño y recreo. Mayor probabilidad de episodios de mala calidad por eutrofización, patógenos, contaminación por aliviaderos o arrastres, con cierres temporales y pérdida de atractivo. Incluye impactos reputacionales y económicos en destinos dependientes del baño interior o litoral asociado a desembocaduras.

RE2. Reducción de caudales y niveles en ríos y embalses. Menores niveles que limitan navegación, deportes acuáticos, pesca recreativa y disfrute paisajístico, además de reducir la calidad estética/ecológica. Puede afectar a concesiones recreativas y economías locales ligadas a embalses y tramos regulados.

RE3. Pérdida de atractivos naturales vinculados al agua (cascadas, lagunas...). Desecación estacional o pérdida de permanencia de lagunas, humedales y cascadas, con impacto directo en turismo de naturaleza. También puede reducir biodiversidad observable y servicios ecosistémicos culturales.

RE4. Alteraciones en la temporada turística por clima extremo. Cambios en estacionalidad, olas de calor, incendios, inundaciones o temporales que modifican patrones de demanda y seguridad, con cancelaciones o desplazamiento de actividades. Puede requerir adaptación de infraestructuras, gestión de riesgos y diversificación de oferta.

AC. Impactos en la acuicultura y la pesca continental

Justificación y alcance

Finalmente, la **categoría AC** aborda impactos sobre acuicultura de agua dulce y pesca continental (incluida la pesca recreativa cuando depende del recurso biológico), altamente sensibles a temperatura del agua, oxigenación, calidad, caudales/niveles y extremos. Aunque varios determinantes se solapan con SW/ECS (temperatura, hábitat, calidad), se mantiene una familia específica para captar la afección sectorial directa sobre producción, sanidad, disponibilidad de organismos y viabilidad económica de explotaciones y actividades.

En correspondencia con el impacto AC1 de la Guía UPV 2025, se desagrega en cuatro impactos para reflejar las principales rutas de afección en sistemas continentales y estuarinos: condiciones ambientales (temperatura, oxígeno y caudal) sobre el rendimiento (AC1), enfermedades y parásitos (AC2), cambios en poblaciones de peces continentales (AC3) e intrusión salina y cambios en estuarios que afectan cultivos marinos y pesca (AC4). La desagregación facilita la identificación de medidas específicas sin perder consistencia con la tipología de referencia.

Impactos considerados

AC1. Descenso del rendimiento de la acuicultura por condiciones adversas. Aumento de temperatura del agua, menor oxígeno disuelto y episodios de calidad deficiente pueden reducir crecimiento, aumentar mortalidad y elevar costes (energía, aireación, recambios) en piscifactorías y cultivos de agua dulce. Puede implicar cambios de especie, relocalización o reducción de producción.

AC2. Nuevas enfermedades y parásitos en sistemas de cría. El calentamiento y el estrés por baja calidad/caudal favorecen proliferación de patógenos, episodios de enfermedad y necesidad de tratamientos. Esto afecta productividad, bioseguridad y puede generar impactos indirectos sobre el medio receptor si se intensifican manejos o se producen escapes.

AC3. Cambios en las poblaciones de peces continentales. Alteraciones térmicas e hidrológicas pueden desplazar especies, afectar reproducción y supervivencia, y favorecer sustituciones por especies más tolerantes o invasoras. Se traduce en cambios en capturas, pérdida de especies frías o endémicas en ciertos tramos y efectos en pesca continental (recreativa o profesional donde exista).

AC4. Intrusión salina y cambios en estuarios que afectan cultivos marinos. Estiajes, intermitencia, eventos extremos y restricciones de caudal pueden reducir hábitats funcionales (freza, refugio, alimentación) y dificultar migraciones, con descenso de productividad y resiliencia. Afecta especialmente a sistemas regulados o con múltiples presiones, donde el margen adaptativo puede ser limitado.

Anejo 4. Caracterización de impactos (fichas)

Criterios de cumplimentación de las fichas de impactos y riesgos

Este anejo recoge, para cada impacto/riesgo de la lista establecida en el EACC, una ficha sintética orientada a: (i) describir el mecanismo de impacto y sus manifestaciones más probables en la demarcación, (ii) identificar receptores y sectores afectados, (iii) vincular el impacto con las amenazas climáticas definidas en la Memoria (sección 4.5), y (iv) facilitar la trazabilidad con el marco conceptual del IPCC AR5–AR6 y con marcos de referencia estatales y europeos (ERICC, PNACC, EUCRA). Para cada campo de la ficha, se detallan los criterios considerados.

Riesgo (denominación)

Siguiendo las premisas trasladadas por la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), se ha buscado estandarizar la denominación del riesgo, incorporando de forma explícita: la(s) consecuencia(s) negativa(s) principal(es); el receptor o receptores del riesgo (qué se ve afectado); los impulsore) o "drivers" climáticos. Como patrón de redacción, se ha utilizado la estructura habitual: "Riesgo de [consecuencias negativas] en [receptor] por [impulsor de impacto climático]", admitiendo flexibilidad cuando el impacto deriva de múltiples impulsores (riesgos compuestos). Esta lógica es coherente con la práctica de la ERICC y con la evolución del marco de riesgo del IPCC hacia la consideración de riesgos compuestos/en cascada.

En el caso de los impactos referidos a las masas de agua superficiales /SW, ECS), se especifican las tipologías de masas de agua receptoras cuando aporta claridad, diferenciando sistemas lóticos (ríos/arroyos) y lénticos (lagos/embalses/humedales/lagunas). Esta distinción se incorpora porque determinados impactos pueden manifestarse de forma diferente —o afectar simultáneamente— a ambos tipos de sistemas (p. ej., transición hacia intermitencia/temporalidad, sobrecalentamiento y procesos de eutrofización).

Descripción del impacto

La descripción del impacto se ha redactado de forma homogénea, siguiendo en todas las fichas una misma lógica narrativa. En primer lugar, se explica la cadena causal que conecta la amenaza climática con la respuesta del sistema y con el efecto final sobre el receptor. A continuación, se describen las manifestaciones más habituales del impacto, es decir, cómo se expresa en la práctica y qué señales serían esperables. Seguidamente, se incorporan los principales condicionantes que modulan la intensidad del impacto en la demarcación, atendiendo a elementos de exposición y vulnerabilidad cuando resultan relevantes. Por último, se resumen las implicaciones para la planificación y la gestión, indicando por qué el impacto es material desde el punto de vista de los usos del agua y del cumplimiento de objetivos ambientales.

Componentes ambientales y sectores afectados

Este campo se ha entendido como una identificación sintética de receptores, añadiendo una indicación somera del tipo de afección. Para homogeneidad, se han utilizado familias de receptores recurrentes: (i) **masas de agua y estado ecológico/químico**: alteración hidrológica, deterioro fisicoquímico, pérdida de funcionalidad de hábitats, cambios en biota y redes tróficas; (ii) **ecosistemas dependientes del agua y servicios ecosistémicos**: contracción/degradación, pérdida de regulación, depuración natural, soporte de biodiversidad; (iii) **usos del agua y servicios**: abastecimiento (tratabilidad/garantía), regadío, industria, recreo, acuicultura (según el impacto), (iv) **infraestructuras y operación del sistema**: estrés operacional, incremento de costes, necesidad de medidas de emergencia/gestión adaptativa.

Amenazas climáticas asociadas

Las amenazas se han asignado conforme a la nomenclatura normalizada de la Memoria (sección 4.5), utilizando códigos consistentes en todo el anejo. En la práctica, se ha buscado que cada impacto tenga: (i) al menos **una amenaza "primaria"** (señal atmosférica/oceánica dominante: temperatura, precipitación, nivel del mar/temporales); (ii) **amenazas "derivadas"** cuando la traducción hidrológica sea parte esencial del mecanismo (p. ej., menos recurso, descenso piezométrico, mayor irregularidad); (iii) **amenazas compuestas** cuando la coocurrencia o persistencia explique el impacto (p. ej., sequías prolongadas que refuerzan estiaje + calentamiento). Como guía de lectura, según se emplea en las fichas:

- **T1** / **T2**: temperatura del aire y/o aumento de demanda evaporativa (ETP).
- **P1–P4**: cambios en precipitación media/estacionalidad, sequías y precipitación extrema.
- **H1–H3** / **N1**: respuestas hidrológicas (recurso, régimen) y componente nival.
- **M1** / **M2**: nivel medio del mar y temporales marítimos.

Impactos asociados

Este campo recoge interdependencias operativas entre impactos (para evitar redundancias y reflejar, en primera aproximación, riesgos compuestos/en cascada), con una etiqueta breve del tipo de relación, alineada con el enfoque de "cadenas de impacto" y con la ampliación del marco AR6 hacia riesgos compuestos, en cascada y sistémicos.

Se han considerado, de forma consistente, los siguientes tipos de asociación:

- **Causa / impulsor**: el impacto analizado actúa como factor que detona o agrava el impacto asociado.
- **Consecuencia**: el impacto analizado tiende a materializarse como resultado del impacto asociado.
- **Riesgo compuesto / concurrencia**: comparten driver(s) y se refuerzan mutuamente (co-ocurrencia).
- **Cascada**: propagación transversal (ambiental → usos → economía/servicios; o evento extremo → contaminación → salud/abastecimiento).
- **Retroalimentación**: bucles en los que el deterioro inducido incrementa la probabilidad/severidad del impacto original (p. ej., degradación de estado que reduce resiliencia ante sequías/olas de calor).

Elementos de calidad afectados (DMA)

Se ha utilizado la codificación de "*Quality elements*" de la guía de reporte WFD/WISE, en particular la lista de elementos (Annex 8h), para asegurar trazabilidad y consistencia. Se listan los elementos de calidad directamente sensibles al mecanismo del impacto (biológicos, hidromorfológicos o fisicoquímicos). Se presenta primero la traducción española y, entre paréntesis, el término original en inglés.

En impactos de aguas subterráneas, cuando procede, se listan elementos de calidad de aguas superficiales asociadas (conectividad río–acuífero, manantiales, etc.) y se incluye una nota aclaratoria, dado que el reporte específico de estado químico/cuantitativo de subterráneas se estructura en esquemas propios.

Tipo de impacto (DMA)

Se ha aplicado la tipología de “impact types” del mismo marco de reporte WFD/WISE (Annex 1 / Annex 1B), manteniendo coherencia con las fichas y con la lógica de planificación hidrológica. Se asignan uno o varios “tipos de impacto” cuando el mecanismo lo exige (p. ej., impactos integradores o con transmisión entre compartimentos).

Se ha prestado especial atención a que la clasificación del “tipo de impacto” refleje correctamente los mecanismos más relevantes para la planificación hidrológica. En particular, cuando el impacto se relaciona con cambios en el régimen de caudales o en la disponibilidad de agua, se ha priorizado la tipología asociada a la alteración del hábitat por cambios hidrológicos. Del mismo modo, cuando el impacto se explica principalmente por una presión de extracción que reduce de forma sostenida los niveles de agua subterránea, se ha utilizado la tipología correspondiente a extracciones que superan el recurso disponible. Esta diferenciación es importante porque condiciona directamente la garantía de los usos, la capacidad de mantener los caudales ecológicos y, en último término, el cumplimiento de los objetivos ambientales.

El tipo “Otros impactos significativos (OTHE – Other significant impact type)” se utiliza cuando el impacto es claramente relevante para la planificación, pero no encaja de forma inequívoca en una tipología específica o su mecanismo es mixto e integrador. Se aplica especialmente en impactos sistémicos que agregan varios procesos, en impactos cuyo efecto principal es operativo o sobre un servicio o uso del agua, y en casos en los que concurren varios mecanismos comparables sin que uno domine con claridad. Debe interpretarse, por tanto, no como una menor importancia, sino como una forma de reflejar impactos significativos de carácter transversal, manteniendo la trazabilidad del mecanismo mediante las amenazas de la sección 4.5, la descripción causal y, cuando procede, los elementos de calidad afectados y las relaciones con otros impactos.

SW. Impactos en aguas superficiales

SW1. Aumento de la intermitencia de ríos y arroyos

Riesgo	Riesgo de pérdida de conectividad hidráulica e incremento de la intermitencia en masas de agua lóticas (ríos y arroyos, especialmente tramos pequeños / mediterráneos) por alteraciones del régimen hidrológico estacional y reducción de recursos superficiales.
Descripción del impacto	La mayor irregularidad del régimen y el refuerzo de estiajes prolongados favorecen el paso de cursos permanentes a intermitentes o efímeros, con fragmentación de hábitat (pozas aisladas), pérdida de refugios y deterioro de procesos ecológicos (deriva, reproducción, alimentación). Se reduce la conectividad longitudinal y lateral, aumentando mortalidad de biota y simplificación del hábitat. En sistemas ligados, puede disminuir la aportación a humedales y zonas encharcables, aumentando su temporalidad. El resultado es un deterioro funcional que predispone a incumplimientos de objetivos ambientales y a tensiones de asignación en estiaje.
Componentes ambientales y sectores afectados	Ríos / arroyos (lóticos): pérdida de continuidad, contracción del hábitat, interrupción de procesos ecológicos. Humedales conectados / riberas: menor aporte y mayor estacionalidad (afección indirecta). Abastecimientos rurales / captaciones someras: menor disponibilidad y mayor variabilidad intraanual.
Amenazas climáticas asociadas	H1 - Reducción del volumen de recursos hídricos superficiales (derivada de P1 / P2 y T2). H3 - Alteraciones del régimen hidrológico estacional (derivada de P2, N1 y P4). P3 - Aumento frecuencia / intensidad de sequías meteorológicas (compuesta por P1 / P2 + T2).
Impactos asociados	SW7 - *Consecuencia / integración:* agrega el deterioro ecológico derivado de la intermitencia. RE2 - *Causa / impulsor:* menor caudal / nivel en ríos y embalses por estiajes más severos. AU1 / AG2 / EI1 - *Cascada socioeconómica:* menos recurso disponible y mayor conflictividad en estiaje. ECS9 - *Riesgo compuesto:* contribuye a daños sistémicos por sequía prolongada.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
	QE2-2 - Continuidad del río (River continuity conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios hidrológicos (HHYC - Altered habitats due to hydrological changes)

SW2. Aumento de la concentración de contaminantes por menor dilución

Riesgo	Riesgo de incremento de concentraciones (nutrientes, contaminantes específicos y otros) en masas de agua superficiales (lóticas y lénticas) y aguas asociadas por reducción de caudales de dilución y estiajes más largos, con afección a usos y a los objetivos ambientales.
Descripción del impacto	Con caudales bajos y tiempos de residencia mayores, las cargas relativamente constantes (puntuales o difusas) se traducen en mayores concentraciones y, a menudo, en episodios críticos durante estiaje. Ello eleva el riesgo de incumplimiento de umbrales ambientales y sanitarios (p. ej., nutrientes, contaminantes específicos), y puede intensificar toxicidad y estrés biológico. En embalses y tramos lentificados se refuerzan procesos de acumulación y reacciones (consumo de oxígeno, formación de subproductos), complicando el tratamiento. El deterioro puede propagarse a aguas subterráneas conectadas y a captaciones de abastecimiento.
Componentes ambientales y sectores afectados	Masas superficiales: deterioro químico, mayor exposición biológica a tóxicos / nutrientes. Abastecimiento (agua bruta): aumento de costes / limitaciones de potabilización y necesidad de mezclas. Riego e industria: restricciones por calidad (salinidad / contaminantes) y riesgos en procesos.
Amenazas climáticas asociadas	H1 - Reducción de recursos superficiales (menos dilución). H3 - Alteración del régimen estacional (concentración de impactos en estiaje). P3 - Sequías meteorológicas más frecuentes / intensas (prolongan condiciones de baja dilución). P4 - Precipitaciones extremas: arrastres puntuales que pueden empeorar la calidad tras eventos (vinculación con SW6 / SW4).
Impactos asociados	SW7 - *Consecuencia / integración:* contribuye al deterioro del estado de masas superficiales. AU3 - *Causa / impulsor:* empeora la calidad del agua bruta para potabilización. RE1 - *Causa / impulsor:* reduce aptitud recreativa por episodios de mala calidad. GW2 - *Concurrencia / conectividad:* posible transferencia o agravamiento en sistemas conectados.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-6-1 - Condiciones relativas a nitrógeno (Nitrogen conditions) QE3-1-6-2 - Condiciones relativas a fósforo (Phosphorus conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación química (CHEM - Chemical pollution) Disminución de la calidad de las aguas continentales asociadas a las subterráneas por cambios químicos o cuantitativos en estas últimas (QUAL - Diminution of quality of associated surface waters for chemical / quantitative reasons) *(QUAL aplica cuando la degradación se transmite por conexión con aguas subterráneas y / o por menor aportación de baseflow.)*

SW3. Alteraciones de parámetros fisicoquímicos (pH, salinidad)

Riesgo	Riesgo de alteración de salinidad y pH en masas de agua lénticas (lagunas / humedales / embalses someros) y tramos lóticos lentificados, por mayor evaporación, cambios en aportes y mezcla, y eventos de intrusión / retorno salino, con efectos ecológicos y de uso.
Descripción del impacto	El refuerzo de estiajes y el calentamiento incrementan la concentración por evaporación y reducen el intercambio / renovación, favoreciendo salinización en cuerpos someros y humedales con balance frágil, y alteraciones de pH por cambios en alcalinidad y procesos biogeoquímicos. En ámbitos litorales, la elevación del nivel del mar y temporales pueden inducir entradas salinas en zonas de transición y afectar masas superficiales conectadas. Estos cambios desplazan condiciones fuera del rango tolerable para especies sensibles (anfibios, invertebrados, peces), alteran comunidades y pueden comprometer usos (abastecimiento, riego, industria) por corrosión, incrustaciones o necesidad de tratamiento.
Componentes ambientales y sectores afectados	Lénticos someros / humedales: salinización / variaciones de pH; pérdida de especies sensibles. Transición litoral-estuarina: entradas salinas episódicas o persistentes. Abastecimiento / riego / industria: tratamientos (neutralización / desalación), impactos en suelos / cultivos y procesos.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de la temperatura del aire (transmisión al agua; refuerzo evaporativo y estiajes). T2 - Incremento de la evapotranspiración potencial (concentración por balance evaporativo). H3 - Alteraciones del régimen estacional (más estiaje; menor renovación). M1 / M2 - Aumento del nivel medio del mar y temporales costeros (intrusión / entradas salinas en transición).
Impactos asociados	SW7 - *Consecuencia / integración:* contribuye a deterioro del estado. GW1 / GW2 - *Conectividad / Concurrencia:* vínculos con intrusión salina y calidad química subterránea. AC2 - *Causa / impulsor:* cambios en estuarios e intrusión salina que afectan cultivos marinos.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-4 - Condiciones de salinidad (Salinity conditions) QE3-1-5 - Estado de acidificación (Acidification status)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación salina / intrusión (SALI - Saline pollution / intrusion) Acidificación (ACID - Acidification)

SW4. Incremento de turbidez y sólidos en suspensión

Riesgo	Riesgo de incremento abrupto de turbidez y sólidos en suspensión en masas de agua lóticas y embalses por precipitaciones extremas, erosión y arrastres, con afección a la biota, a la potabilización y a la funcionalidad fluvial.
Descripción del impacto	Los episodios de lluvia extrema elevan la escorrentía y el arrastre de sedimentos, generando picos de turbidez que reducen la transparencia y pueden transportar contaminantes adheridos a partículas. En ríos, la colmatación de sustratos afecta a frezaderos y macroinvertebrados; en embalses, la turbidez prolongada reduce la producción primaria y complica el tratamiento. La combinación con suelos desnudos, incendios recientes o pendientes degradadas intensifica el problema. Durante eventos, puede haber fallos operativos en ETAP por sobrecarga de pretratamiento / filtración, con riesgos de interrupción o de empeoramiento del agua bruta.
Componentes ambientales y sectores afectados	Ríos y embalses: afección hidromorfológica, colmatación y estrés biológico. Abastecimiento: incremento de carga en potabilización, posibles restricciones temporales. Suelos y cuencas aportantes: erosión y pérdida de fertilidad (vínculo con AG9).
Amenazas climáticas asociadas	P4 - Aumento de intensidad / frecuencia de precipitaciones extremas (primaria). H3 - Alteraciones del régimen estacional (irregularidad y picos súbitos). M2 (cuando aplique en ámbitos costeros) - Temporales: resuspensión / arrastres en tramos bajos y estuarios.
Impactos asociados	SW6 - *Concurrencia:* turbidez suele acompañar a contaminación difusa en avenidas. ECS8 - *Causa / impulsor:* contribuye a sedimentación / colmatación (en embalses y cauces). AU3 - *Causa / impulsor:* empeora agua bruta para potabilización. AG9 - *Causa / impulsor:* erosión y pérdida de suelo como origen del aporte sólido.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-1 - Transparencia (Transparency conditions) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type) *(el efecto principal se expresa en condiciones físicas / morfológicas y en múltiples QEs, sin encajar de forma exclusiva en un tipo químico único.)*

SW5. Eutrofización de masas de agua lénticas

Riesgo	Riesgo de eutrofización y floraciones algales nocivas en masas de agua lénticas (embalses, lagos, lagunas y humedales) por mayor tiempo de residencia, calentamiento y concentración de nutrientes, con impacto ecológico y sobre usos (especialmente abastecimiento y recreo).
Descripción del impacto	El calentamiento y los estiajes prolongados favorecen estratificación, menor mezcla, menor oxigenación del hipolimnion y mayor permanencia del agua, aumentando la probabilidad de blooms. Con nutrientes disponibles, se incrementan episodios de cianobacterias potencialmente tóxicas, con riesgo de degradación de la calidad del agua de abastecimiento (cianotoxinas) y necesidad de cierres / mezclas o tratamientos avanzados. Además, se refuerzan episodios de olor y sabor (p. ej., geosmina / MIB) en embalses y agua de consumo, con impactos operativos y de aceptación social. El déficit de oxígeno y toxinas puede causar mortalidad de peces, pérdida de biodiversidad y restricciones a baño / pesca.
Componentes ambientales y sectores afectados	Embalses / lagos / humedales: desequilibrios tróficos, anoxia, pérdida de biodiversidad. Abastecimiento: riesgo sanitario por toxinas y eventos de olor / sabor; aumento de costes. Recreo / turismo: cierres de baño, pérdida de atractivo y conflictos de uso.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de la temperatura del aire (calentamiento del agua, refuerzo de estratificación). T2 - Incremento de la ETP (concentración y descenso de niveles). H3 / H1 - Estacionalidad más marcada y menor recurso superficial (más residencia y menor renovación). P4 - Precipitaciones extremas: pulsos de nutrientes / sedimentos que pueden disparar blooms (asociación operativa).
Impactos asociados	SW7 - *Consecuencia / integración:* contribuye al deterioro del estado en lénticos. RE1 - *Causa / impulsor:* pérdida de calidad recreativa (baño / pesca). AC1 - *Causa / impulsor:* condiciones adversas para acuicultura (oxígeno / temperatura). ECS1 - *Riesgo compuesto:* calentamiento del agua refuerza eutrofización y viceversa.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE1-1 - Fitoplancton (Phytoplankton) QE3-1-6-1 - Condiciones relativas a nitrógeno (Nitrogen conditions) QE3-1-6-2 - Condiciones relativas a fósforo (Phosphorus conditions) QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions) QE3-1-3 - Condiciones de oxigenación (Oxygenation conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación por nutrientes (NUTR - Nutrient pollution)

SW6. Contaminación difusa provocada por inundaciones

Riesgo	Riesgo de contaminación difusa y episodios agudos de mala calidad en masas de agua superficiales (y, localmente, captaciones someras) por avenidas e inundaciones que movilizan contaminantes (urbanos, agrarios e industriales) y sedimentos.
Descripción del impacto	Las inundaciones movilizan y redistribuyen mezclas de contaminantes (nutrientes, materia orgánica, hidrocarburos, metales, patógenos) desde suelos agrarios, redes unitarias, lodos, instalaciones y superficies impermeables. Se producen picos de concentración y episodios de anoxia en aguas estancadas o de lenta renovación, con mortalidad de fauna y riesgos sanitarios. En zonas con pozos o manantiales poco protegidos, puede haber contaminación puntual del recurso, obligando a restricciones, desinfección y suministro alternativo. Tras el evento, la deposición de lodos puede dejar contaminación residual en suelos e infraestructuras y prolongar efectos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Ríos / llanuras de inundación: episodios de contaminación aguda; arrastre y deposición de lodos. Abastecimiento y ciclo urbano: afectación a captaciones e infraestructuras; medidas de emergencia. Salud pública y ecosistemas: exposición a patógenos / tóxicos; mortalidad y pérdida temporal de servicios.
Amenazas climáticas asociadas	P4 - Aumento de intensidad / frecuencia de precipitaciones extremas (primaria). H3 - Mayor irregularidad y picos súbitos (derivada). M2 - Temporales costeros (cuando afecten zonas litorales con inundación / arrastre).
Impactos asociados	SW4 - *Concurrencia:* turbidez y sólidos acompañan la contaminación difusa. AU5 - *Cascada operativa:* daños en servicios del ciclo urbano del agua por inundación. ECS10 - *Parte del riesgo sistémico:* componente ambiental / sanitario dentro de inundaciones.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-6-1 - Condiciones relativas a nitrógeno (Nitrogen conditions) QE3-1-6-2 - Condiciones relativas a fósforo (Phosphorus conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación química (CHEM - Chemical pollution) Contaminación por nutrientes (NUTR - Nutrient pollution) Contaminación orgánica (ORGA - Organic pollution)

SW7. Empeoramiento del estado de las masas de agua superficiales (DMA)

Riesgo	Riesgo de deterioro del estado ecológico y / o químico de masas de agua superficiales (ríos, lagos / embalses y aguas de transición asociadas) por la combinación de alteraciones hidrológicas, térmicas y de calidad, intensificadas por el cambio climático.
Descripción del impacto	Este impacto integra el efecto combinado de menor recurso y mayor irregularidad (estiajes más severos, picos más abruptos), calentamiento y cambios fisicoquímicos, junto con episodios de contaminación por menor dilución o por avenidas. La suma de presiones reduce resiliencia, altera hábitats y comunidades biológicas y aumenta la probabilidad de incumplimiento de objetivos ambientales. En lénticos, se refuerzan eutrofización, anoxia y eventos de calidad (incluyendo episodios de olor / sabor y blooms nocivos); en lóticos, la intermitencia y la alteración morfológica y de continuidad incrementan la degradación. En conjunto, aumenta la necesidad de medidas adicionales y de gestión adaptativa para evitar deterioros.
Componentes ambientales y sectores afectados	Masas superficiales: deterioro ecológico / químico; pérdida de funciones y biodiversidad. Planificación hidrológica: mayor presión para lograr / no deteriorar estado; potenciales excepciones / medidas. Usos (abastecimiento, regadío, recreo): restricciones por calidad / cantidad y mayor variabilidad.
Amenazas climáticas asociadas	T1 / T2 - Calentamiento y mayor demanda evaporativa (efectos térmicos y concentración). P1 / P2 / P3 - Menos precipitación, estacionalidad alterada y sequías más frecuentes / intensas. P4 - Precipitaciones extremas (picos de turbidez / contaminación y daños hidromorfológicos). H1 / H3 - Menor recurso superficial y alteración del régimen estacional (traducción hidrológica).
Impactos asociados	SW1–SW6 - *Causas / impulsores directos:* presiones específicas que alimentan el deterioro de estado. ECS1 / ECS2 - *Causas / impulsores:* calentamiento y deterioro funcional de hábitats contribuyen al estado.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE1-1 - Fitoplancton (Phytoplankton) QE1-3 - Macroinvertebrados / invertebrados bentónicos (Benthic invertebrates) QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish) QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime) QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions) QE3-1-3 - Condiciones de oxigenación (Oxygenation conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type) *(SW7 es integrador (hidrológico, térmico, químico y biológico) y suele materializarse en combinaciones de tipos.)*

GW. Impactos en aguas subterráneas

GW1. Intrusión salina en acuíferos costeros

Riesgo	Riesgo de intrusión salina y salinización en masas de agua subterránea costeras y zonas de transición, con afección a captaciones, ecosistemas dependientes y, cuando exista conexión, a aguas superficiales asociadas, por elevación del nivel del mar / temporales y descenso piezométrico.
Descripción del impacto	La elevación del nivel medio del mar y la mayor energía de temporales incrementan la presión salina sobre acuíferos litorales y favorecen entradas salinas en sectores vulnerables. Este efecto se intensifica cuando concurren descensos piezométricos por menor recarga y / o mayores demandas, aumentando el gradiente hacia el interior. La intrusión eleva cloruros y conductividad, compromete el uso para abastecimiento y riego, y puede degradar humedales litorales o surgencias costeras. Además, puede generar procesos de difícil reversibilidad (almacenamiento de sales, mezcla), requiriendo gestión preventiva y control de bombeos y captaciones.
Componentes ambientales y sectores afectados	Acuíferos costeros / captaciones: salinización del recurso; pérdida de aptitud para consumo / riego. Humedales / estuarios conectados: cambios de salinidad y composición ecológica. Agricultura litoral: salinización de suelos / cultivos por riego con agua salobre (impacto indirecto).
Amenazas climáticas asociadas	M1 - Aumento del nivel medio del mar (primaria). M2 - Aumento de temporales costeros (primaria). H2 - Descenso de niveles freáticos y agotamiento de manantiales (derivada de P1 / P2 y T2; condiciona la intrusión). P3 - Sequías meteorológicas más frecuentes / intensas (refuerzo de déficits y bombeos).
Impactos asociados	ECS11 - *Riesgo compuesto:* inundación / temporal costero puede coexistir con intrusión y salinización. ECS12 - *Concurrencia:* ascenso freático / drenaje deficiente en llanuras litorales y salinidad. AC2 - *Causa / impulsor:* intrusión y cambios estuarinos afectan cultivos marinos.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-4 - Condiciones de salinidad (Salinity conditions) Nota: para aguas subterráneas, la evaluación de estado químico / cuantitativo se reporta en esquemas específicos; aquí se listan QEs vinculados cuando hay afección a aguas superficiales asociadas.
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de la dirección de flujo subterráneo con resultado de intrusión salina (INTR - Alterations in flow directions resulting in saltwater intrusion) Contaminación salina / intrusión (SALI - Saline pollution / intrusion)

GW2. Merma de calidad química de las aguas subterráneas

Riesgo	Riesgo de deterioro de la calidad química en masas de agua subterránea (p. ej., aumento de nitratos / contaminantes específicos y otros) por menor recarga y menor atenuación / dilución, y por redistribución de cargas en eventos extremos, con repercusión sobre usos y ecosistemas conectados.
Descripción del impacto	La reducción de recarga y el descenso piezométrico disminuyen la capacidad de dilución y pueden concentrar contaminantes, especialmente donde existan presiones agrarias (nitratos) o plumas urbanas / industriales preexistentes. El mayor tiempo de residencia y cambios redox pueden modificar movilidad de ciertos compuestos. En episodios intensos, la infiltración rápida puede arrastrar contaminantes hacia zonas no impactadas, complicando la protección de captaciones. El deterioro químico limita el uso para abastecimiento (mezclas, tratamientos) y puede afectar humedales o ríos conectados por intercambio subterráneo-superficial.
Componentes ambientales y sectores afectados	Acuíferos en agricultura intensiva: riesgo de concentración de nitratos / fitosanitarios. Abastecimiento con pozos: necesidad de mezcla / tratamiento; restricciones por normativa. Ecosistemas dependientes: degradación por aportes subterráneos de peor calidad.
Amenazas climáticas asociadas	P1 / P2 - Menor precipitación y cambio estacional (reducción de recarga efectiva). T2 - Mayor ETP (reduce recarga; refuerza déficits). H2 - Descenso de niveles freáticos y agotamiento de manantiales (traducción hidrogeológica). P4 - Precipitaciones extremas (infiltración rápida y movilización puntual).
Impactos asociados	SW2 - *Conectividad:* deterioro químico puede transmitirse a aguas superficiales asociadas y viceversa. AU3 / RE1 - *Cascada por calidad:* empeora agua bruta y aptitud recreativa si hay conexión.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-6-1 - Condiciones relativas a nitrógeno (Nitrogen conditions) QE3-1-6-2 - Condiciones relativas a fósforo (Phosphorus conditions) Nota: para aguas subterráneas, la evaluación de estado químico / cuantitativo se reporta en esquemas específicos; aquí se listan QEs vinculados cuando hay afección a aguas superficiales asociadas.
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación química (CHEM - Chemical pollution) Contaminación por nutrientes (NUTR - Nutrient pollution)

GW3. Empeoramiento del estado de las masas de agua subterráneas (DMA)

Riesgo	Riesgo de deterioro del estado cuantitativo y / o químico de masas de agua subterránea, por reducción de recarga, descensos piezométricos y empeoramiento de la calidad, con impactos sobre usos, manantiales y sistemas conectados.
Descripción del impacto	El cambio climático puede reducir la recarga efectiva y aumentar la duración / intensidad de periodos secos, favoreciendo descensos de niveles freáticos y agotamiento de manantiales. Esto limita la disponibilidad sostenible y puede intensificar impactos por sobreexplotación previa, elevando la probabilidad de incumplir el buen estado cuantitativo. En paralelo, la menor dilución y cambios geoquímicos pueden degradar el estado químico (nitratos / contaminantes específicos y, en costa, salinidad). El deterioro se traduce en restricciones de uso, necesidad de medidas de recuperación y riesgos en ecosistemas dependientes o en ríos conectados (reducción de baseflow).
Componentes ambientales y sectores afectados	Acuíferos y manantiales: descensos piezométricos, pérdida de surgencias y servicios asociados. Abastecimiento / regadío / industria dependientes de pozos: restricciones y costes de adaptación. Ecosistemas dependientes y ríos conectados: menor baseflow; deterioro de hábitats.
Amenazas climáticas asociadas	P1 / P2 / P3 - Menor precipitación, estacionalidad alterada y sequías más frecuentes / intensas. T2 - Mayor ETP (menor recarga). H2 - Descenso de niveles freáticos y agotamiento de manantiales (derivada).
Impactos asociados	AU1 / AG2 / EI4 - *Cascada socioeconómica:* menor garantía / producción por restricción de recurso subterráneo. ECS9 - *Riesgo compuesto:* contribuye a daños sistémicos por sequía prolongada.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime) QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-4 - Condiciones de salinidad (Salinity conditions) Nota: para aguas subterráneas, la evaluación de estado químico / cuantitativo se reporta en esquemas específicos; aquí se listan QEs vinculados cuando hay afección a aguas superficiales asociadas.
Tipo de impacto (DMA)	Extracciones que exceden el recurso disponible de agua subterránea (disminución del nivel de agua) (LOWT - Abstraction exceeds available groundwater resource (lowering water table)) Contaminación química (CHEM - Chemical pollution) Disminución de la calidad de las aguas continentales asociadas a las subterráneas por cambios químicos o cuantitativos en estas últimas (QUAL - Diminution of quality of associated surface waters for chemical / quantitative reasons)

ECS. Impactos territoriales y ecosistémicos

ECS1. Elevación de la temperatura del agua en ríos, lagos y embalses

Riesgo	Riesgo de sobrecalentamiento en masas de agua lóticas y lénticas por incremento de temperatura del aire y refuerzo de estiajes, con efectos sobre oxigenación, biota y usos (incluido abastecimiento).
Descripción del impacto	El aumento térmico eleva el metabolismo biológico y reduce el oxígeno disuelto, favoreciendo estrés fisiológico, mortalidad y sustitución de especies sensibles por otras más tolerantes. En lénticos, el calentamiento refuerza estratificación y puede potenciar blooms, incluyendo floraciones de algas / cianobacterias con toxinas, y episodios de olor y sabor en agua bruta / consumo. En lóticos, con menor caudal, el calentamiento es más acusado y se intensifican barreras térmicas para migración y reproducción. Además, se alteran patrones de distribución y fenología, afectando comunidades y servicios ecosistémicos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Biota acuática: estrés térmico, desplazamientos y cambios de fenología / distribución. Calidad del agua: menor oxígeno; mayor riesgo de blooms y eventos olor / sabor. Abastecimiento y recreo: complicaciones de tratamiento y pérdida de aptitud en usos.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de la temperatura del aire (primaria). H1 / H3 - Menor recurso y estiajes más intensos (aumentan sensibilidad térmica). P3 - Sequías más frecuentes / intensas (prolongan condiciones térmicas críticas).
Impactos asociados	SW5 - *Riesgo compuesto:* el calentamiento favorece eutrofización / blooms. ECS2 - *Causa / impulsor:* pérdida de funcionalidad de hábitats por estrés térmico. AC1 - *Causa / impulsor:* condiciones adversas para acuicultura.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions) QE3-1-3 - Condiciones de oxigenación (Oxygenation conditions) QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish)
Tipo de impacto (DMA)	Elevación de temperaturas (TEMP - Elevated temperatures)

ECS2. Deterioro de la funcionalidad de los hábitats acuáticos

Riesgo	Riesgo de pérdida de funcionalidad (hábitat disponible, conectividad y procesos ecológicos) en hábitats acuáticos lóticos y lénticos, por alteraciones hidrológicas (caudales, estiajes, estacionalidad) y cambios morfológicos, intensificados por el cambio climático.
Descripción del impacto	Los cambios en régimen hidrológico y la reducción de aportes degradan la funcionalidad al contraer el hábitat, romper conectividad y limitar refugios (pozas, áreas de inundación lateral). En ríos, se simplifica el mosaico de hábitats y se pierde conectividad longitudinal / lateral; en humedales y lagunas se incrementa la temporalidad y se alteran hidroperiodos. La pérdida de funcionalidad afecta reproducción, alimentación y dispersión, y aumenta la vulnerabilidad a perturbaciones (picos de avenida, contaminación, invasoras). En sistemas costeros dependientes de aportes dulces, puede haber contracción de hábitats de transición y cambios de salinidad.
Componentes ambientales y sectores afectados	Hábitats fluviales y humedales: contracción, fragmentación y pérdida de procesos ecológicos. Áreas protegidas: incumplimiento de objetivos de conservación y mayor coste de restauración. Turismo de naturaleza / pesca recreativa: pérdida de calidad ambiental y servicios asociados.
Amenazas climáticas asociadas	H1 / H3 - Menor recurso y alteración estacional del régimen (derivadas). P3 - Sequías más intensas / frecuentes (prolongan pérdida de hábitat). P4 - Episodios extremos: perturbaciones que, sobre hábitats debilitados, incrementan daño. M1 / M2 (cuando aplique) - En transición litoral: presión salina y temporales.
Impactos asociados	SW1 - *Causa / impulsor:* la intermitencia reduce funcionalidad. SW7 - *Consecuencia:* deterioro funcional contribuye al mal estado. ECS3 / ECS6 - *Cascada ecológica:* cambios de comunidad e invasoras se facilitan por pérdida funcional.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions) QE1-3 - Macroinvertebrados / invertebrados bentónicos (Benthic invertebrates) QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios hidrológicos (HHYC - Altered habitats due to hydrological changes) Alteración de hábitats debida a cambios morfológicos (incluida la conectividad) (HMOC - Altered habitats due to morphological changes (includes connectivity))

ECS3. Alteración de las comunidades biológicas (fauna y flora)

Riesgo	Riesgo de cambios en composición, estructura trófica y distribución de comunidades en sistemas lóticos y lénticos, por calentamiento, cambios hidrológicos y episodios extremos, con pérdida de biodiversidad y servicios.
Descripción del impacto	El calentamiento y los estiajes alteran tasas metabólicas, oxigenación y disponibilidad de hábitat, favoreciendo cambios de dominancia y simplificación trófica. Se esperan cambios en patrones de migración y distribución espacial (desplazamientos altitudinales / latitudinales, pérdida de especies de aguas frías y expansión de tolerantes), así como desajustes fenológicos (reproducción, emergencias). La fragmentación y el aislamiento (pozas, humedales desconectados) pueden reducir conectividad genética y favorecer pérdida de diversidad genética, especialmente en poblaciones pequeñas. La respuesta se ve amplificada por presiones concurrentes (calidad, invasoras), generando cambios persistentes.
Componentes ambientales y sectores afectados	Comunidades acuáticas: reorganización trófica, pérdida de especies sensibles, homogenización biótica. Pesca recreativa y conservación: cambio de especies objetivo y necesidad de medidas de gestión / seguimiento.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de temperatura del aire (primaria; base del calentamiento del agua). H1 / H3 - Menor recurso y cambios estacionales (derivadas; alteran hábitat). P4 - Extremos de precipitación (perturbaciones agudas sobre comunidades). P3 - Sequías (persistencia de condiciones de estrés).
Impactos asociados	ECS2 - *Causa / impulsor:* pérdida funcional facilita cambios de comunidad. ECS4 - *Consecuencia:* especies emblemáticas / endémicas son más vulnerables a cambios comunitarios. AC3 - *Contribución:* cambios en poblaciones de peces continentales como manifestación sectorial.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE1-1 - Fitoplancton (Phytoplankton) QE1-3 - Macroinvertebrados / invertebrados bentónicos (Benthic invertebrates) QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

ECS4. Afección a especies emblemáticas y endémicas

Riesgo	Riesgo de declive local o extinción de especies acuáticas emblemáticas / endémicas por cambios térmicos e hidrológicos, pérdida de hábitat y episodios extremos, con pérdida irreversible de patrimonio natural.
Descripción del impacto	Las especies de distribución restringida (cabeceras frías, manantiales, lagunas singulares, charcas temporales) presentan menor capacidad de desplazamiento y alta dependencia de condiciones específicas de caudal, temperatura y calidad. El aumento de estiajes, el calentamiento y la irregularidad hidrológica reducen hábitat y refugios, incrementando mortalidad y fragmentación. Como resultado, disminuye el tamaño efectivo de población y aumenta la probabilidad de pérdida de diversidad genética, reduciendo la capacidad adaptativa frente a perturbaciones. La combinación con invasoras, patógenos o degradación de calidad puede acelerar el riesgo, haciendo necesarios programas de conservación más intensivos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Especies protegidas / endémicas y hábitats críticos: pérdida de hábitat, fragmentación y riesgo de extinción. Conservación y gestión de espacios protegidos: intensificación de medidas (rescate, cría, restauración).
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de temperatura del aire (primaria; estrés térmico). H1 / H3 - Menor recurso y cambios estacionales (hábitats críticos más vulnerables). P3 - Sequías más intensas / frecuentes (persistencia del estrés). P4 - Extremos (perturbaciones agudas en poblaciones pequeñas).
Impactos asociados	ECS2 - *Causa / impulsor:* pérdida funcional del hábitat. AC3 - *Manifestación sectorial:* cambios en poblaciones de peces continentales.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish) QE1-5 - Otras especies (Other species) Además de los QEs, el impacto puede afectar a especies protegidas / amenazadas asociadas al medio acuático y zonas húmedas (p. ej., anfibios, invertebrados acuáticos de interés, aves acuáticas y de ribera, y mamíferos semiacuáticos), relevantes para objetivos de conservación.
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

ECS5. Degradación de ecosistemas ribereños y terrestres asociados

Riesgo	Riesgo de degradación de riberas y ecosistemas terrestres asociados por reducción de caudales, menor inundación lateral y estiajes más prolongados, con pérdida de servicios ecosistémicos y aumento de vulnerabilidad a perturbaciones.
Descripción del impacto	La menor frecuencia y duración de inundaciones laterales y el descenso de humedad edáfica reducen la vitalidad de bosques de galería y formaciones riparias, favoreciendo decaimiento, sustitución por especies más xerófilas y pérdida de estructura. Se degradan funciones clave (sombra, regulación térmica del agua, retención de sedimentos, conectividad ecológica). En turberas, marjales y zonas encharcables alimentadas por aportes superficiales / subterráneos, el secado parcial aumenta mineralización y pérdida de hábitat. La ribera más seca puede incrementar el riesgo de incendio y la erosión, reforzando retroalimentaciones con sedimentación y calidad.
Componentes ambientales y sectores afectados	Riberas y humedales asociados: pérdida de estructura / función, menor regulación térmica y de sedimentos. Gestión forestal y conservación: mayor riesgo de degradación e incendios; necesidad de restauración. Servicios culturales / turismo: pérdida de calidad paisajística y biodiversidad.
Amenazas climáticas asociadas	H1 / H3 - Menor recurso y alteración estacional (menos inundación lateral y más estiaje). P3 - Sequías (persistencia del estrés hídrico). T1 / T2 - Calentamiento y mayor demanda evaporativa (estrés de vegetación de ribera).
Impactos asociados	SW1 - *Causa / impulsor:* intermitencia / estiaje intensifica estrés ribereño. ECS8 - *Retroalimentación:* degradación de cuenca / ribera aumenta aporte sólido y sedimentación. ECS9 - *Riesgo compuesto:* contribuye a daños sistémicos por sequía.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios hidrológicos (HHYC - Altered habitats due to hydrological changes) Alteración de hábitats debida a cambios morfológicos (incluida la conectividad) (HMOC - Altered habitats due to morphological changes (includes connectivity))

ECS6. Expansión de especies exóticas invasoras

Riesgo	Riesgo de expansión y consolidación de especies exóticas invasoras en ecosistemas acuáticos, favorecida por calentamiento, alteraciones hidrológicas y degradación de hábitats, con desplazamiento de nativas y costes de gestión.
Descripción del impacto	El calentamiento y la mayor irregularidad hidrológica suelen beneficiar a especies oportunistas y tolerantes, mientras debilitan a nativas sensibles, creando ventanas para invasión. La contracción del hábitat y la fragmentación favorecen comunidades empobrecidas y menos resistentes a la invasión. En embalses y tramos regulados / lentificados, la combinación de temperaturas más altas y cambios de calidad puede acelerar la expansión. Las invasoras alteran redes tróficas, aumentan turbidez o bioturbación y pueden actuar como vectores de patógenos, amplificando impactos sobre estado ecológico.
Componentes ambientales y sectores afectados	Comunidades acuáticas: desplazamiento de nativas, homogenización biótica, alteración de procesos. Gestión / conservación: incremento de costes de control y restauración.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de temperatura del aire (ventaja competitiva para tolerantes). H3 / H1 - Cambios del régimen y reducción de recurso (estrés de nativas). P4 - Extremos: perturbaciones que facilitan establecimiento / propagación.
Impactos asociados	ECS2 - *Causa / impulsor:* pérdida funcional facilita invasión. AG5 - *Coherencia sectorial:* proliferación de plagas / malas hierbas (mecanismos análogos).
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish) QE1-3 - Macroinvertebrados / invertebrados bentónicos (Benthic invertebrates)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

ECS7. Proliferación de patógenos y contaminantes emergentes

Riesgo	Riesgo de incremento de patógenos y contaminantes emergentes en masas de agua superficiales por calentamiento, menor dilución y episodios extremos, con impacto sanitario, recreativo y ecológico.
Descripción del impacto	Temperaturas más altas y tiempos de residencia mayores pueden favorecer crecimiento de microorganismos y aumentar persistencia de determinados patógenos, especialmente cuando coinciden con cargas de origen urbano / ganadero. La menor dilución en estiaje eleva concentraciones y exposición. En eventos extremos, desbordamientos y arrastres pueden introducir picos de contaminación microbiológica y química (fármacos, biocidas, PFAS u otros emergentes según presiones locales), complicando la gestión y el tratamiento. Este riesgo se expresa en restricciones de baño, alertas sanitarias y mayores exigencias de control y potabilización.
Componentes ambientales y sectores afectados	Salud pública y abastecimiento: incremento de exigencias de tratamiento y vigilancia. Aguas recreativas: cierres y pérdida de aptitud. Ecosistemas: efectos subletales / toxicidad y alteraciones microbianas.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de temperatura del aire (favorece proliferación). H1 / H3 - Menor recurso y estiaje (menor dilución) + irregularidad. P4 - Precipitaciones extremas (picos por arrastre y desbordamientos).
Impactos asociados	AU6 - *Cascada sanitaria:* problemas de salud pública asociados al agua. RE1 - *Causa / impulsor:* deterioro de aguas de baño. SW6 - *Concurrencia:* picos de contaminación tras inundaciones.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación microbiológica (MICR - Microbiological pollution) Contaminación química (CHEM - Chemical pollution) Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

ECS8. Incremento de la sedimentación en embalses y cauces

Riesgo	Riesgo de aumento de sedimentación y colmatación en embalses y cauces, por precipitaciones extremas, degradación de suelos y pérdida de cubierta, con pérdida de capacidad de regulación y deterioro hidromorfológico.
Descripción del impacto	El incremento de eventos extremos y la mayor vulnerabilidad de suelos (sequedad previa, incendios, prácticas degradantes) intensifican la erosión y el transporte sólido. En embalses, el depósito acelera la pérdida de volumen útil y altera la dinámica térmica y de calidad; en ríos, la colmatación modifica secciones, hábitats y conectividad, incrementando turbidez y afectando frezaderos y macrohábitats. La sedimentación puede agravar riesgos de avenidas por reducción de capacidad hidráulica y aumentar costes de gestión (dragados, explotación), además de comprometer objetivos ambientales.
Componentes ambientales y sectores afectados	Embalses: pérdida de capacidad de regulación y efectos sobre calidad / operación. Ríos: alteración morfológica, colmatación, hábitats degradados. Gestión de cuenca: incremento de costes y necesidad de medidas de control de erosión.
Amenazas climáticas asociadas	P4 - Precipitaciones extremas (primaria; transporte sólido). H3 - Irregularidad / picos que favorecen pulsos erosivos (derivada). T1 / P3 (asociación indirecta) - Mayor sequedad y degradación de cubierta que predisponen a erosión.
Impactos asociados	SW4 - *Concurrencia:* turbidez y sólidos como expresión inmediata. SW6 - *Concurrencia:* arrastre de contaminantes con sedimentos. AG9 - *Causa / impulsor:* pérdida de suelo como origen del aporte sólido.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions) QE3-1-1 - Transparencia (Transparency conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios morfológicos (incluida la conectividad) (HMOC - Altered habitats due to morphological changes (includes connectivity))

ECS9. Daños sistémicos (sociales, económicos, ambientales) por sequía prolongada

Riesgo	Riesgo de daños sistémicos (sociales, económicos y ambientales) por sequías prolongadas y reducción sostenida de recursos, con propagación intersectorial y territorial (riesgo compuesto).
Descripción del impacto	Las sequías prolongadas combinan peligros hidrometeorológicos y vulnerabilidades preexistentes, generando restricciones y pérdidas en cascada: caída de garantías de suministro (urbano, agrario, industrial), pérdida de producción (incluida hidroeléctrica), deterioro ambiental (ríos / humedales y ecosistemas dependientes) y tensiones socioeconómicas. La persistencia del déficit incrementa conflictos entre usos / territorios y eleva costes (energía, tratamientos, sustitución de fuentes). El impacto se amplifica por dependencia de sectores sensibles al agua, limitada capacidad de regulación o alternativas y por déficits de gobernanza / anticipación. Integra así dimensiones de exposición y vulnerabilidad, coherentes con el enfoque de riesgo de la Memoria.
Componentes ambientales y sectores afectados	Sociedad y economía: restricciones, pérdidas de empleo / producción, conflictividad. Ecosistemas y servicios: degradación de ríos / humedales y pérdida de servicios. Sistemas de gestión del agua: estrés operacional y necesidad de medidas excepcionales.
Amenazas climáticas asociadas	P3 - Sequías meteorológicas más frecuentes / intensas (compuesta). P1 / P2 - Menor precipitación media y cambio estacional (base del déficit). T2 - Mayor ETP (refuerzo del balance deficitario). H1 / H3 - Traducción hidrológica: menos recurso superficial y régimen más irregular. N1 (cuando aplique) - Alteración del régimen nival (reduce aportes y cambia estacionalidad).
Impactos asociados	AU1 / AG2 / EI1 / RE2 - *Cascada:* manifestaciones sectoriales directas del daño sistémico. SW1–SW7 / GW3 - *Retroalimentación:* deterioros ambientales y de estado agravan el riesgo sistémico.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime) QE2-2 - Continuidad del río (River continuity conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios hidrológicos (HHYC - Altered habitats due to hydrological changes)

ECS10. Daños sistémicos por avenidas fluviales e inundaciones pluviales

Riesgo	Riesgo de daños sistémicos por avenidas fluviales e inundaciones pluviales, por precipitaciones extremas y mayor irregularidad, con daños sobre población, infraestructuras críticas, calidad del agua y actividad económica.
Descripción del impacto	Las precipitaciones extremas pueden generar inundaciones rápidas (pluviales) y avenidas (fluviales), con daños directos a viviendas, infraestructuras y servicios esenciales. Se producen impactos ambientales (erosión, alteración morfológica, turbidez) y riesgos de contaminación por arrastres y desbordamientos (urbanos / industriales), afectando a captaciones y aguas recreativas. La severidad depende de exposición (ocupación de llanuras, impermeabilización) y vulnerabilidad (drenaje insuficiente, infraestructuras envejecidas). La recuperación puede ser prolongada por daños encadenados (electricidad, saneamiento, transporte), configurando un riesgo sistémico.
Componentes ambientales y sectores afectados	Población y bienes: daños directos y riesgo sanitario post-evento. Infraestructuras y servicios (incl. ciclo urbano): interrupciones y costes de reparación. Masas de agua: perturbación hidromorfológica y deterioro puntual de calidad.
Amenazas climáticas asociadas	P4 - Aumento de intensidad / frecuencia de precipitaciones extremas (primaria). H3 - Alteración del régimen estacional (picos súbitos; irregularidad). M2 (cuando aplique en costa baja) - Temporales que pueden agravar inundación en tramos bajos / estuarios.
Impactos asociados	SW6 - *Componente ambiental / sanitario:* contaminación difusa en inundaciones. AU5 - *Cascada operativa:* daños en servicios del ciclo urbano del agua. EI3 / AG8 / RE4 - *Cascada sectorial:* daños en energía, agricultura y turismo por extremos.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions) QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants) QE3-1-1 - Transparencia (Transparency conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios hidrológicos (HHYC - Altered habitats due to hydrological changes) Alteración de hábitats debida a cambios morfológicos (incluida la conectividad) (HMOC - Altered habitats due to morphological changes (includes connectivity)) Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

ECS11. Daños sistémicos por inundaciones costeras y temporales marítimos

Riesgo	Riesgo de daños sistémicos en zonas litorales por inundaciones costeras y temporales, con afección a población, infraestructuras, acuíferos costeros, ecosistemas y usos recreativos.
Descripción del impacto	El aumento del nivel medio del mar eleva la cota de referencia y amplifica el alcance de temporales, incrementando frecuencia y severidad de inundación en llanuras litorales, deltas, marismas y frentes urbanos costeros. Los temporales producen erosión, sobrelavado y daños en infraestructuras; además, pueden inducir entradas salinas y empeorar la calidad del agua en zonas de transición. La combinación con exposición alta (urbanización costera) genera daños directos y disrupciones prolongadas en servicios y economía local (turismo, transporte). También aumenta la probabilidad de contaminación por arrastres y fallos de saneamiento.
Componentes ambientales y sectores afectados	Litoral urbano e infraestructuras: daños, interrupciones y costes elevados. Ecosistemas costeros: erosión, salinización y cambios morfológicos. Abastecimiento / captaciones costeras y recreo: deterioro de calidad y restricciones.
Amenazas climáticas asociadas	M1 - Aumento del nivel medio del mar (primaria). M2 - Aumento de temporales costeros (primaria).
Impactos asociados	GW1 - *Riesgo compuesto:* temporales y elevación del mar favorecen intrusión / salinización. ECS12 - *Concurrencia:* elevación freática y drenaje deficiente agravan daños. RE1 / AC2 - *Cascada por calidad / salinidad:* afecciones a baño y a sistemas estuarinos / productivos.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions) QE3-1-4 - Condiciones de salinidad (Salinity conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios morfológicos (incluida la conectividad) (HMOC - Altered habitats due to morphological changes (includes connectivity)) Contaminación salina / intrusión (SALI - Saline pollution / intrusion)

ECS12. Elevación del nivel freático y drenaje deficiente en llanuras litorales

Riesgo	Riesgo de elevación del nivel freático, anegamiento y drenaje deficiente en llanuras litorales, por aumento del nivel del mar y temporales, con salinización, daños en infraestructuras y afección a saneamiento y usos del suelo.
Descripción del impacto	El aumento del nivel del mar puede elevar el nivel freático en acuíferos costeros y reducir el gradiente de drenaje hacia el mar, aumentando anegamientos persistentes y dificultando el funcionamiento de redes de drenaje y saneamiento (intrusión en colectores, menor capacidad de evacuación). En episodios de temporal, el efecto se agrava por sobrelevación del nivel del mar y penetración de agua salina, con salinización de suelos y daños en cimentaciones e infraestructuras. La persistencia del anegamiento incrementa riesgos sanitarios y costes operativos del ciclo urbano, y puede afectar ecosistemas y usos agrarios litorales.
Componentes ambientales y sectores afectados	Ciclo urbano (drenaje / saneamiento): sobrecargas, intrusión salina, fallos operativos. Suelos e infraestructuras: anegamiento crónico, corrosión y deterioro estructural. Acuíferos y humedales litorales: elevación freática y cambios de salinidad.
Amenazas climáticas asociadas	M1 - Aumento del nivel medio del mar (primaria). M2 - Aumento de temporales costeros (primaria).
Impactos asociados	GW1 - *Concurrencia:* elevación freática y salinidad / intrusión en acuíferos costeros. ECS11 - *Riesgo compuesto:* anegamiento crónico amplifica daños por temporales. AU4 / AU5 - *Cascada operativa:* estrés y daños en redes de saneamiento y servicios.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-4 - Condiciones de salinidad (Salinity conditions) QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación salina / intrusión (SALI - Saline pollution / intrusion) Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

ECS13. Incremento de la incidencia de incendios forestales asociados al clima

Riesgo	Riesgo de incremento de incidencia / severidad de incendios forestales (y sus efectos en cuenca) por calentamiento, sequías más intensas / frecuentes y cambios de régimen, con impactos en suelos, escorrentía, sedimentos y calidad del agua.
Descripción del impacto	Las condiciones más cálidas y secas aumentan la inflamabilidad del combustible y la probabilidad de grandes incendios, con pérdidas de cubierta vegetal y degradación del suelo (hidrofobicidad, pérdida de estructura). Tras el incendio, las precipitaciones intensas pueden generar picos de erosión y transporte sólido, incrementando turbidez, sedimentación y arrastre de contaminantes (cenizas, nutrientes, metales), con efectos en embalses y captaciones. Se reduce la capacidad de regulación natural de la cuenca y aumenta la vulnerabilidad a avenidas y degradación hidromorfológica. Los impactos pueden persistir varios años, exigiendo restauración hidrológico-forestal y gestión preventiva.
Componentes ambientales y sectores afectados	Cuencas forestales y suelos: pérdida de fertilidad y aumento de erosión. Masas de agua y embalses: turbidez, sedimentación y deterioro de calidad. Servicios ecosistémicos y seguridad: riesgos sobre infraestructuras y costes de restauración.
Amenazas climáticas asociadas	T1 - Incremento de temperatura del aire (primaria; aumenta extremos / olas de calor). P3 - Sequías meteorológicas más frecuentes / intensas (compuesta; estrés del combustible). T2 - Mayor ETP (refuerza aridez del combustible). P4 - Precipitaciones extremas (post-incendio: erosión y arrastres).
Impactos asociados	AG9 - *Causa / impulsor:* pérdida de suelo y erosión. ECS8 / SW4 - *Cascada:* más sólidos y sedimentación tras eventos post-incendio. SW6 - *Concurrencia:* arrastre de contaminantes / partículas en episodios de lluvia post-fuego. EI3 - *Cascada sectorial:* daños en infraestructuras energéticas por extremos y fuego.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-1 - Transparencia (Transparency conditions) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions) QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AU. Impactos en abastecimiento y saneamiento urbano

AU1. Reducción de la garantía de suministro al abastecimiento

Riesgo	Riesgo de reducción de la garantía (fallo en cantidad y / o continuidad) del abastecimiento urbano y periurbano por descenso de recursos disponibles (superficiales y subterráneos), mayor recurrencia de sequías y episodios concurrentes de calor, con tensiones operativas y socioeconómicas.
Descripción del impacto	La disminución de aportaciones y la mayor frecuencia de sequías incrementan la probabilidad de restricciones, activación de fuentes de peor calidad, mezclas e interconexiones, y medidas de emergencia (reducciones de presión, limitaciones de usos no esenciales). En sistemas dependientes de embalses y / o captaciones someras, la variabilidad intraanual eleva la exposición a fallos en estiaje. La coincidencia con olas de calor aumenta la demanda y reduce márgenes de seguridad. El resultado puede traducirse en pérdidas de servicio, aumento de costes, y conflictos por asignación en periodos críticos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Recursos superficiales y subterráneos: menor disponibilidad efectiva y mayor variabilidad estacional. Sistemas de abastecimiento (captación–ETAP–red): estrés operativo, necesidad de fuentes alternativas / mezcla. Población y actividad económica urbana: restricciones, impactos sociales y económicos.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H2 (menos recurso superficial y menor disponibilidad subterránea). P3 (sequías meteorológicas más frecuentes / intensas como marco de escasez). T2 + P1 / P2 (más demanda evaporativa y / o menos precipitación efectiva, que refuerzan H1 / H2).
Impactos asociados	AU2 - *Causa / impulsor concurrente:* mayor demanda agrava la pérdida de garantía. GW3 - *Causa / impulsor:* deterioro cuantitativo / químico subterráneo reduce alternativas. AG2 - *Concurrencia / competencia:* tensiones de asignación con regadío. EI4 - *Cascada:* restricciones a la industria por escasez.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type) Se usa como categoría integradora del efecto sobre un uso; el mecanismo pasa por QE2-1 y / o LOWT en acuíferos.

AU2. Incremento de la demanda de agua potable

Riesgo	Riesgo de incremento de demanda y de puntas de consumo en el abastecimiento urbano por aumento de temperatura y olas de calor (y, localmente, cambios estacionales de población / turismo), elevando el estrés del sistema en periodos críticos.
Descripción del impacto	El calentamiento incrementa el consumo per cápita y, sobre todo, las puntas estivales (hidratación, higiene, riego de zonas verdes, refrigeración, usos recreativos). En municipios turísticos o con segunda residencia, la estacionalidad amplifica el efecto y tensiona infraestructuras de captación, tratamiento y distribución. El aumento de la demanda coincide con el mínimo hidrológico anual, reduciendo márgenes de seguridad y aumentando la probabilidad de restricciones y pérdidas en red. El efecto también puede elevar consumos energéticos del ciclo urbano del agua y los costes de explotación.
Componentes ambientales y sectores afectados	Sistemas de abastecimiento: necesidad de mayor capacidad de tratamiento / almacenamiento y gestión de puntas. Recursos hídricos: mayor extracción en el periodo de menor disponibilidad. Población / servicios urbanos y turismo: mayor exposición a limitaciones en olas de calor.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (incluye olas de calor como extremos térmicos; aumento de puntas de demanda). T2 (mayor demanda evaporativa en usos urbanos exteriores; refuerzo en verano). P3 + H1 (la mayor demanda se vuelve crítica cuando coincide con escasez y menor recurso).
Impactos asociados	AU1 - *Causa / impulsor:* eleva el riesgo de pérdida de garantía. RE4 - *Concurrencia:* olas de calor alteran temporada turística y demanda urbana.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AU3. Deterioro de la calidad del agua bruta para potabilización

Riesgo	Riesgo de deterioro de calidad del agua fuente para potabilización por menor dilución en estiaje, calentamiento del agua y eventos extremos, con incremento de episodios de turbidez, blooms (incluidas cianotoxinas) y compuestos de olor / sabor.
Descripción del impacto	En estiajes prolongados, la menor dilución y el mayor tiempo de residencia aumentan concentraciones de nutrientes y contaminantes, elevando costes y complejidad del tratamiento. El calentamiento favorece floraciones algales y cianobacterias potencialmente tóxicas y episodios de olor y sabor en embalses y tramos lentificados. Tras lluvias intensas, pueden producirse picos de turbidez y arrastres de materia orgánica y patógenos, comprometiendo la operación de ETAP y la continuidad del servicio. El impacto se amplifica cuando concurren presiones previas (difusas o puntuales) y menor resiliencia del sistema.
Componentes ambientales y sectores afectados	Embalses / ríos de abastecimiento: deterioro fisicoquímico y biológico; mayor variabilidad episódica. ETAP y explotación: necesidad de pretratamientos / oxidación / adsorción, gestión de lodos, mezclas. Abastecimiento y salud pública: mayor probabilidad de incidencias operativas y restricciones.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H3 (menor caudal / reserva y estiajes más intensos → menor dilución y mayor residencia). T1 (asociación: incremento de temperatura del aire → calentamiento del agua; favorece blooms / olor-sabor). P4 (picos de turbidez / arrastres y contaminación episódica tras eventos extremos). P3 (en sequía se amplifica la concentración y la vulnerabilidad operativa).
Impactos asociados	SW2 - *Causa / impulsor:* mayor concentración por menor dilución. SW4 - *Causa / impulsor:* turbidez y sólidos en suspensión. SW5 - *Causa / impulsor:* eutrofización y blooms nocivos. GW2 - *Conectividad:* transmisión desde calidad subterránea en sistemas conectados. AU6 - *Cascada sanitaria:* exposición a toxinas / patógenos si no se gestiona.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP) QE3-1-1 - Transparencia (Transparency conditions) QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions) QE3-1-3 - Condiciones de oxigenación (Oxygenation conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación química (CHEM - Chemical pollution) Contaminación por nutrientes (NUTR - Nutrient pollution) Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AU4. Estrés en las redes de saneamiento y drenaje urbano

Riesgo	Riesgo de sobrecarga y disfunción de redes de saneamiento y drenaje urbano por precipitaciones intensas, inundaciones pluviales y, en costa, condiciones de nivel del mar / temporales, con vertidos, retornos y contaminación del medio receptor.
Descripción del impacto	Las lluvias torrenciales incrementan caudales punta, superando capacidad de colectores, aliviaderos y estaciones de bombeo, con episodios de desbordamiento y vertidos (especialmente en redes unitarias). En zonas costeras o con niveles freáticos altos, la menor capacidad de descarga y la infiltración aumentan el estrés y las incidencias (retornos, inundaciones de sótanos, intrusión en colectores). La recurrencia de extremos puede acelerar deterioro de activos y elevar costes de operación y mantenimiento. El resultado incluye afección a masas receptoras por contaminación episódica y riesgos sanitarios locales.
Componentes ambientales y sectores afectados	Infraestructura urbana (colectores, tanques, bombeos): sobrecargas, fallos operativos y daños. Masas receptoras y zonas inundables urbanas: contaminación episódica y degradación ambiental. Servicios municipales y población: impactos por inundación pluvial y retornos.
Amenazas climáticas asociadas	P4 (sobrecargas por precipitaciones extremas; desbordamientos / retornos). H3 (mayor irregularidad y picos hidrológicos asociados a extremos). M1 + M2 (donde aplique en áreas costeras): menor capacidad de descarga, intrusión / inundación costera y temporales.
Impactos asociados	ECS10 - *Marco de riesgo compuesto:* inundaciones pluviales / fluviales como contexto de daño. AU5 - *Consecuencia / cascada:* la disfunción de drenaje agrava daños en servicios del ciclo urbano.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AU5. Daños en los servicios del ciclo urbano del agua por inundaciones

Riesgo	Riesgo de daños físicos y disrupciones en captaciones, ETAP, EDAR, bombeos y redes por avenidas e inundaciones, con pérdida de servicio, contaminación y elevados costes de recuperación.
Descripción del impacto	Las inundaciones pueden afectar instalaciones críticas (entrada de agua, cuadros eléctricos, equipos de tratamiento, depósitos), provocar roturas de redes y colapsar bombeos, con interrupciones de suministro y saneamiento. Se incrementa la turbidez del agua fuente y el riesgo de contaminación por arrastres y retornos, obligando a operar en modo de emergencia (bypass, restricciones, aportes alternativos). La disrupción puede ser prolongada si coincide con fallos energéticos o daños en accesos. Además, tras el evento se elevan los costes de reparación, limpieza y reposición, y puede aumentar la vulnerabilidad ante eventos sucesivos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Infraestructura del ciclo urbano: daños, fallos eléctricos / mecánicos, pérdida de capacidad de tratamiento. Masas receptoras: vertidos y contaminación asociada a fallos de saneamiento. Población y servicios esenciales: cortes y restricciones con potencial impacto sanitario.
Amenazas climáticas asociadas	P4 + H3 (avenidas / inundaciones derivadas de precipitación extrema e irregularidad del régimen). M1 + M2 (en costa baja y estuarios): aumento de niveles y temporales que agravan inundación y corrosión / salinidad.
Impactos asociados	ECS10 - *Causa / impulsor:* marco de inundación pluvial / fluvial. SW6 - *Concurrencia:* contaminación difusa asociada a inundaciones agrava impacto. EI3 - *Cascada intersectorial:* daños energéticos dificultan operación y recuperación.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AU6. Problemas de salud pública asociados al agua

Riesgo	Riesgo de incremento de impactos sanitarios por contaminación microbiológica / toxinas y fallos del ciclo urbano, asociado a calentamiento del agua, eutrofización y episodios de inundación, con exposición en consumo y usos recreativos.
Descripción del impacto	El calentamiento y la mayor permanencia del agua favorecen proliferación biológica y, en condiciones eutróficas, blooms que pueden incluir toxinas. Los eventos extremos (inundaciones) elevan el riesgo de contaminación microbiológica por desbordamientos y arrastres, afectando captaciones, redes y aguas recreativas. En sequías, la concentración de contaminantes y la necesidad de recurrir a fuentes alternativas puede incrementar vulnerabilidades. El impacto sanitario incluye episodios gastrointestinales, afecciones dérmicas / respiratorias y problemas derivados de fallos de suministro seguro, requiriendo vigilancia, comunicación de riesgo y medidas preventivas.
Componentes ambientales y sectores afectados	Abastecimiento y salud pública: calidad del agua de consumo, alertas y medidas de emergencia. Aguas recreativas: cierres por contaminación o blooms. Saneamiento: vertidos y exposición post-inundación.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (asociación: calentamiento del agua → más proliferaciones / blooms, riesgos de olor / sabor y toxinas). H1 + P3 (menor dilución y estiajes prolongados → concentración y mayor vulnerabilidad). P4 (contaminación microbiológica episódica por desbordamientos / arrastres tras extremos).
Impactos asociados	SW5 - *Causa / impulsor:* eutrofización y blooms (incl. toxinas). AU3 - *Causa / impulsor:* deterioro del agua bruta eleva riesgo sanitario. ECS7 - *Causa / impulsor:* patógenos / contaminantes emergentes.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación microbiológica (MICR - Microbiological pollution)

AG. Impactos en el sector agrario

AG1. Mayor estrés hídrico en cultivos de secano

Riesgo	Riesgo de pérdida de rendimiento y mayor variabilidad interanual en cultivos de secano por aumento de evapotranspiración, sequías y cambios estacionales de precipitación, con incremento de fallos de cosecha y degradación del suelo.
Descripción del impacto	El aumento de temperatura y la mayor demanda evaporativa reducen la humedad del suelo y acortan ventanas favorables, elevando estrés en etapas críticas (floración / llenado). Las sequías más frecuentes incrementan la probabilidad de pérdidas severas, especialmente en suelos poco profundos o degradados. La irregularidad de lluvias puede aumentar el riesgo de arranque fallido o de episodios de estrés súbito tras periodos secos. El impacto se traduce en caída de producción, necesidad de cambios varietales / calendarios y, en algunos casos, abandono o cambio de uso.
Componentes ambientales y sectores afectados	Suelos agrícolas: menor humedad disponible, mayor riesgo de degradación. Producción de secano: pérdidas de rendimiento y mayor volatilidad. Economía agraria y abastecimiento alimentario local: reducción de ingresos y estabilidad.
Amenazas climáticas asociadas	T2 (aumento de ETP → estrés hídrico estructural). P1 / P2 + P3 (menos precipitación y / o peor distribución estacional + sequías más intensas / frecuentes).
Impactos asociados	AG3 - *Consecuencia / retroalimentación:* mayor demanda potencial de riego como respuesta adaptativa. AG4 - *Concurrencia:* cambios de idoneidad y calendarios como ajuste obligado.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG2. Reducción de la garantía de suministro del regadío

Riesgo	Riesgo de reducción de garantía del regadío por menor recurso regulable y mayor recurrencia de sequías, con dotaciones reducidas, restricciones y pérdidas económicas, y potencial intensificación de presiones sobre aguas subterráneas.
Descripción del impacto	Las sequías y la reducción de aportaciones aumentan la frecuencia de campañas con dotaciones recortadas, turnos o incluso suspensión en ciertas zonas, especialmente en sistemas con baja capacidad de regulación o alta competencia entre usos. La mayor variabilidad interanual incrementa incertidumbre en planificación de cultivos y en la rentabilidad. En respuesta, puede aumentar la dependencia de aguas subterráneas o la búsqueda de recursos alternativos, con riesgos de sobreexplotación y deterioro de estado. El impacto se manifiesta en pérdidas de producción y valor añadido, y en tensiones sociales por reparto del agua.
Componentes ambientales y sectores afectados	Sistemas de explotación del regadío: menor fiabilidad de asignaciones y restricciones operativas. Recursos (superficiales / subterráneos): presión adicional en años secos. Sector agroalimentario: pérdidas económicas y cambios en estructura productiva.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H3 (menos recursos y mayor desajuste estacional; estiajes más severos). P3 + T2 (sequía meteorológica y mayor demanda evaporativa agravan déficits). N1 (si hay componente nival): cambios en nieve / deshielo alteran aportes y la regulación estacional.
Impactos asociados	SW1 - *Causa / impulsor:* intermitencia y menor caudal disponible. GW3 - *Causa / impulsor y retroalimentación:* uso subterráneo como sustitución en sequía. AU1 - *Competencia / Concurrencia:* prioridad del abastecimiento en crisis. EI1 - *Concurrencia:* menor regulación afecta también a hidroeléctrica.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG3. Incremento de la demanda de riego

Riesgo	Riesgo de incremento de necesidades netas de riego por aumento de evapotranspiración y prolongación de periodos cálidos, elevando demandas consuntivas y energía asociada, con potencial agravamiento de estrés hídrico.
Descripción del impacto	El calentamiento incrementa la demanda atmosférica y puede alargar la temporada de cultivo, aumentando dotaciones necesarias para mantener rendimientos, especialmente en cultivos de verano. En escenarios de mayor irregularidad de lluvias, el riego de apoyo puede extenderse a periodos tradicionalmente de secano. El incremento de demanda coincide con menor disponibilidad en estiaje, elevando el riesgo de restricciones y la presión sobre embalses y acuíferos. Además, puede aumentar costes energéticos (bombeo / presión) y requerir modernización para mejorar eficiencia real.
Componentes ambientales y sectores afectados	Recursos hídricos: incremento de extracciones y consumos en estiaje. Infraestructura de riego: necesidad de adaptación operativa y energética. Economía agraria: aumento de costes y vulnerabilidad en años secos.
Amenazas climáticas asociadas	T2 (principal impulsor: mayores necesidades netas). T1 (extremos térmicos y prolongación de periodo cálido). P2 + P3 (estacionalidad más desfavorable y sequías → más riego de apoyo y demanda en estiaje).
Impactos asociados	AG1 - *Respuesta adaptativa / cascada:* el estrés en secano empuja a mayor riego. AG2 - *Retroalimentación:* mayor demanda reduce garantía del sistema.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG4. Cambios en la idoneidad de cultivos y en los calendarios agrícolas

Riesgo	Riesgo de pérdida de idoneidad agroclimática y necesidad de cambios de calendario / variedades por calentamiento, olas de calor y cambios estacionales de precipitación, con desplazamiento de zonas aptas y aumento de riesgos en fases críticas.
Descripción del impacto	El calentamiento modifica acumulación térmica, horas-frío y riesgo de estrés por calor, alterando fechas óptimas de siembra / floración y la idoneidad de determinadas variedades. La irregularidad de lluvias y el refuerzo de estiaje pueden obligar a adelantar o retrasar ciclos y a modificar rotaciones. En algunos casos se intensifica el riesgo de daños en etapas sensibles (polinización, cuajado), y se incrementa necesidad de riego o sombreo / manejo. El resultado puede ser cambio de cultivos, desplazamiento altitudinal / latitudinal de áreas aptas y reconfiguración productiva.
Componentes ambientales y sectores afectados	Sistemas agrícolas: cambios de manejo, variedades y ventanas de operación. Recursos hídricos: potencial aumento de dependencia de riego. Economía agraria: costes de transición y riesgos de pérdida de competitividad.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (cambios fenológicos y estrés por calor). P2 (redistribución estacional → desajustes de calendarios). P3 (sequías más frecuentes → presión para cambiar variedades / cultivos y manejo).
Impactos asociados	AG1 - *Concurrencia:* estrés hídrico fuerza ajustes de calendario / variedad. AG5 - *Causa / impulsor:* nuevas condiciones favorecen plagas / enfermedades.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG5. Proliferación de plagas, malas hierbas y enfermedades

Riesgo	Riesgo de aumento de incidencia y expansión de plagas, malas hierbas y enfermedades por temperaturas más altas, inviernos suaves y cambios en régimen hídrico, con mayores pérdidas y potencial incremento de presiones sobre calidad del agua por tratamientos.
Descripción del impacto	El calentamiento favorece mayor supervivencia invernal, más generaciones anuales y expansión de áreas aptas para organismos dañinos. La alteración del régimen hídrico puede aumentar estrés de cultivos y su vulnerabilidad, y favorecer ciertas enfermedades. La respuesta suele implicar mayor uso de fitosanitarios y cambios de manejo, elevando costes y potenciales impactos colaterales (deriva, escorrentía, lixiviación). En un contexto de menor dilución, la presión sobre masas de agua puede intensificarse si no se refuerzan prácticas de gestión integrada.
Componentes ambientales y sectores afectados	Agricultura: pérdidas de rendimiento y mayores costes de control. Calidad del agua: riesgo de incremento de cargas de contaminantes específicos / nutrientes. Salud pública y biodiversidad: exposición indirecta por intensificación de tratamientos.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (invierno más suave y más generaciones; expansión de áreas aptas). P2 + P3 (desajustes hídricos y estrés del cultivo que aumenta susceptibilidad).
Impactos asociados	AG4 - *Causa / impulsor:* cambio agroclimático favorece nuevas plagas. AU6 - *Cascada potencial:* exposición indirecta (si aumenta presión química / microbiológica). ECS6 - *Analogía / ecosistémico:* condiciones que favorecen invasoras también favorecen expansión biológica.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP) QE3-1-6-1 - Condiciones relativas a nitrógeno (Nitrogen conditions) QE3-1-6-2 - Condiciones relativas a fósforo (Phosphorus conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG6. Impactos en la producción ganadera intensiva

Riesgo	Riesgo de descenso de productividad y aumento de mortalidad / morbilidad en ganadería intensiva por estrés térmico y mayor demanda hídrica, con riesgo de restricciones de agua y efectos sanitarios.
Descripción del impacto	Las olas de calor elevan el estrés térmico, reducen ingesta y productividad, incrementan mortalidad en episodios extremos y elevan requerimientos de ventilación / refrigeración. Paralelamente aumenta la demanda de agua para bebida, limpieza y procesos, en el periodo en que el recurso es más escaso. La menor disponibilidad o deterioro de calidad del agua puede agravar riesgos sanitarios y operativos. El impacto requiere adaptación de instalaciones, manejo y planes de emergencia, con incremento de costes.
Componentes ambientales y sectores afectados	Explotaciones intensivas: estrés térmico, adaptación de instalaciones, mayor consumo de agua / energía. Recursos hídricos locales: presión adicional en estiaje. Sanidad animal y cadena alimentaria: riesgos por calor y calidad / continuidad del agua.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (estrés térmico; extremos de calor). P3 + H1 / H2 (escasez que puede tensionar suministro / alternativas en episodios críticos).
Impactos asociados	AU1 - *Competencia / Concurrencia:* tensiones por asignación en crisis. GW3 - *Causa / impulsor:* menor disponibilidad subterránea limita alternativas. AG2 - *Concurrencia:* crisis hídrica afecta simultáneamente a regadío. AG7 - *Concurrencia:* efectos también en extensivo (diferente mecanismo).
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG7. Impactos en la producción ganadera extensiva

Riesgo	Riesgo de reducción de productividad y aumento de vulnerabilidad en ganadería extensiva por sequías, menor productividad de pastos, escasez de puntos de agua y calor extremo, con impactos en sostenibilidad y manejo del territorio.
Descripción del impacto	Las sequías reducen biomasa y calidad de pastos, prolongan periodos de escasez y elevan costes de suplementación y manejo. El calor extremo incrementa necesidades hídricas y reduce bienestar animal, especialmente en episodios prolongados. La disponibilidad de puntos de agua y manantiales puede disminuir, aumentando desplazamientos, concentración de ganado y degradación local (erosión / pisoteo). En conjunto, aumenta la variabilidad interanual, el riesgo económico y la presión sobre ecosistemas de dehesa / pastos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Pastos y suelos: menor productividad, degradación local y riesgo de erosión. Ganadería extensiva: mayores costes, cambios de carga ganadera y manejo. Territorio y servicios ecosistémicos: cambios en mosaico agroforestal y riesgo de incendio.
Amenazas climáticas asociadas	P3 + P1 / P2 (sequías y régimen de lluvias menos favorable para pastos). T2 (mayor demanda evaporativa reduce humedad y productividad de pastos). H2 (agotamiento de surgencias / puntos de agua en ciertos sistemas).
Impactos asociados	AG1 - *Concurrencia:* estrés hídrico en secano afecta pastos y forrajes. AG6 - *Concurrencia:* estrés térmico afecta también a intensivo. AG9 - *Cascada:* degradación / erosión de suelos por presión y eventos extremos.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG8. Daños agrícolas por eventos hidrometeorológicos extremos distintos de la sequía

Riesgo	Riesgo de daños directos en cultivos e infraestructuras agrarias por precipitaciones extremas, inundaciones, tormentas severas y otros extremos meteorológicos, con pérdidas súbitas y efectos sobre suelos y calidad del agua.
Descripción del impacto	Los eventos extremos pueden provocar anegamiento, asfixia radicular, pérdidas de suelo y daños mecánicos a cultivos e infraestructuras (caminos, drenajes, balsas, acequias). Las avenidas y escorrentías concentradas generan erosión y arrastres de sedimento y contaminantes, afectando parcelas y aguas receptoras. Tras el evento, se incrementan costes de reparación, replantación y manejo de suelos, y puede deteriorarse la calidad por proliferación de patógenos o lixiviación. La recurrencia de extremos aumenta la exposición y reduce la capacidad de recuperación del sistema agrario.
Componentes ambientales y sectores afectados	Explotaciones agrícolas: daños en cultivo e infraestructura; pérdidas económicas. Suelos y drenajes rurales: erosión, colmatación y degradación. Masas de agua receptoras: arrastre de sedimentos / nutrientes y contaminación episódica.
Amenazas climáticas asociadas	P4 (precipitaciones extremas; daños por anegamiento / erosión / arrastres). H3 (picos súbitos e irregularidad del régimen asociados a extremos).
Impactos asociados	ECS10 - *Marco de riesgo compuesto:* daños por inundaciones pluviales / fluviales. ECS7 - *Cascada:* patógenos / contaminantes emergentes tras extremos.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions) QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AG9. Pérdida de fertilidad o erosión de suelos

Riesgo	Riesgo de pérdida de suelo fértil y degradación por erosión hídrica y procesos post-incendio, intensificados por precipitaciones extremas y degradación de cubierta, con efectos en productividad agraria, sedimentación y calidad del agua.
Descripción del impacto	La combinación de suelos más expuestos (sequedad, pérdida de cubierta, incendios) y episodios de lluvia intensa incrementa la erosión, el transporte sólido y la pérdida de carbono y nutrientes. Se degrada la estructura y capacidad de retención de agua del suelo, aumentando vulnerabilidad futura a sequía y reduciendo rendimientos. El sedimento exportado colmata cauces y embalses, incrementa turbidez y puede transportar contaminantes adsorbidos. El impacto tiene carácter acumulativo y requiere medidas de conservación de suelos y restauración hidrológico-forestal.
Componentes ambientales y sectores afectados	Suelos agrícolas: pérdida de fertilidad, capacidad de retención y productividad. Cuencas y masas de agua: turbidez, sedimentación y efectos hidromorfológicos. Infraestructura hidráulica: colmatación y pérdida de capacidad útil en embalses.
Amenazas climáticas asociadas	P4 (erosión hídrica y transporte sólido en episodios intensos). P3 + T2 (periodos secos prolongados y mayor aridez funcional → pérdida de cubierta y mayor erosibilidad).
Impactos asociados	ECS8 - *Consecuencia / cascada:* sedimentación en embalses y cauces. ECS13 - *Causa / impulsor:* incendios aumentan erosión post-fuego. SW4 - *Concurrencia:* turbidez y sólidos como manifestación inmediata. SW6 - *Concurrencia:* arrastre de contaminantes en avenidas.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-1 - Transparencia (Transparency conditions) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios morfológicos (incluida la conectividad) (HMOC - Altered habitats due to morphological changes (includes connectivity))

EI. Impactos en los sectores energético e industrial

EI1. Disminución de la producción hidroeléctrica

Riesgo	Riesgo de reducción de generación hidroeléctrica por descenso de aportaciones, mayor recurrencia de sequías y cambios estacionales (incl. nival donde aplique), con menor energía firme y mayor vulnerabilidad del sistema.
Descripción del impacto	La menor disponibilidad de caudal y niveles embalsados reduce el potencial de generación y la capacidad de modulación, especialmente en periodos de estiaje prolongado. En cuencas con contribución nival, el cambio en acumulación / deshielo altera la estacionalidad de aportes y puede reducir energía disponible en ventanas clave. La competencia por usos prioritarios puede restringir aún más la explotación hidroeléctrica en sequía. El impacto incluye menor producción, pérdida de ingresos y posible aumento de dependencia de otras tecnologías en momentos de alta demanda.
Componentes ambientales y sectores afectados	Embalses y aprovechamientos: menor volumen útil y restricciones operativas. Sistema eléctrico: menor energía firme y flexibilidad en sequía. Usos del agua: competencia con abastecimiento / regadío en crisis.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H3 (menos recurso y estacionalidad alterada del caudal). P3 (años secos más frecuentes / intensos). N1 (cuencas nivales): menor nieve y deshielo adelantado, con pérdida de aportes estivales.
Impactos asociados	SW1 - *Causa / impulsor:* menor caudal e intermitencia reducen producción. AG2 - *Concurrencia / competencia:* sequía impacta simultáneamente a regadío. AU1 - *Concurrencia / competencia:* prioridad del abastecimiento en crisis.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Alteración de hábitats debida a cambios hidrológicos (HHYC - Altered habitats due to hydrological changes) El efecto energético deriva del mismo mecanismo hidrológico (variación de caudales / estacionalidad).

EI2. Limitaciones en la refrigeración de centrales térmicas e industriales

Riesgo	Riesgo de limitación de refrigeración y vertido térmico en centrales térmicas e instalaciones industriales por aumento de temperatura del agua y menor caudal disponible, con paradas / reducción de carga y potenciales incumplimientos ambientales.
Descripción del impacto	El calentamiento del agua y los caudales bajos reducen la capacidad de refrigeración y aumentan el riesgo de superar límites de temperatura en captación / vertido, especialmente en ríos durante estiaje. Esto puede obligar a reducir potencia, modificar operación o emplear sistemas alternativos (recirculación, torres), incrementando costes y consumo energético. En condiciones eutróficas, la calidad del agua (materia orgánica, algas) puede afectar intercambiadores y operación. El impacto se acentúa en olas de calor, cuando la demanda eléctrica puede ser alta y el margen térmico bajo.
Componentes ambientales y sectores afectados	Centrales e industria: restricciones operativas y aumento de costes. Masas de agua receptoras: riesgo de estrés térmico adicional si no se controla. Sistema eléctrico / productivo: menor disponibilidad en picos de demanda.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (asociación: calentamiento atmosférico → aumento de temperatura del agua y menor margen térmico). H1 + H3 (caudales bajos / estiajes intensos → menor capacidad de disipación). P3 (sequías → restricciones operativas en estiaje).
Impactos asociados	ECS1 - *Causa / impulsor:* elevación de temperatura del agua. SW5 - *Concurrencia:* eutrofización que complica operación. AU3 - *Concurrencia:* problemas de calidad del agua fuente.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Elevación de temperaturas (TEMP - Elevated temperatures)

EI3. Daños en infraestructuras energéticas por eventos extremos

Riesgo	Riesgo de daños físicos y disrupciones en infraestructura energética (generación, transporte, distribución) por inundaciones, temporales e incendios, con cascadas sobre servicios esenciales y recuperación prolongada.
Descripción del impacto	Las inundaciones pueden afectar subestaciones, centros de transformación, galerías y accesos, provocando cortocircuitos, corrosión y fallos de suministro. Los temporales y tormentas incrementan caídas de líneas, daños por viento y deslizamientos, mientras que los incendios forestales amenazan tendidos y activos en interfaz urbano-forestal. Las olas de calor pueden reducir rendimiento de equipos y elevar incidencias en redes. La disrupción energética amplifica impactos en el ciclo urbano del agua y otros servicios críticos, generando un riesgo sistémico.
Componentes ambientales y sectores afectados	Infraestructura energética: daños, interrupciones y costes de reposición. Servicios esenciales (agua, salud, transporte): cascadas por falta de energía. Territorio: mayor exposición en zonas inundables o interfaz forestal.
Amenazas climáticas asociadas	P4 + H3 (daños por inundaciones / avenidas derivadas de extremos y picos). M2 + M1 (en costa): temporales y nivel medio del mar aumentan exposición / daño por inundación costera. T1 + P3 (si se menciona incendio como contexto del riesgo): base física de condiciones más cálidas y secas que favorecen episodios de peligro de incendio.
Impactos asociados	ECS10 - *Marco de riesgo compuesto:* daños por inundaciones. ECS13 - *Causa / impulsor:* incendios incrementan daños y disrupciones. AU5 - *Cascada:* cortes energéticos agravan la disrupción del ciclo urbano del agua.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

EI4. Afectación de la producción industrial por escasez de agua

Riesgo	Riesgo de reducción de producción y competitividad industrial por escasez de agua y restricciones en sequía, con aumento de costes (reutilización, recirculación, cambios de fuente) y potencial relocalización de actividad.
Descripción del impacto	La industria dependiente de agua (procesos, limpieza, refrigeración) puede enfrentar restricciones en periodos de escasez, especialmente donde el abastecimiento industrial compite con usos prioritarios. La menor disponibilidad y la variabilidad interanual elevan incertidumbre operativa y necesidad de inversiones en eficiencia, recirculación, almacenamiento o fuentes alternativas. En algunos casos, la calidad del agua también se deteriora en estiaje, elevando costes de tratamiento. El impacto se materializa en pérdidas de producción, tensiones de suministro y efectos en empleo y cadena de valor.
Componentes ambientales y sectores afectados	Industria: restricciones, costes de adaptación y riesgo de paradas. Recursos hídricos: mayor presión en estiaje si no se reduce consumo neto. Economía regional: efectos indirectos sobre empleo y servicios.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H2 (menos disponibilidad superficial / subterránea). P3 + T2 (sequía + mayor demanda evaporativa). P1 / P2 (reducción o redistribución de precipitación que refuerza la escasez).
Impactos asociados	AU1 - *Concurrencia / competencia:* prioridad del abastecimiento condiciona a la industria. AG2 - *Concurrencia / competencia:* tensiones con regadío en sequía. GW3 - *Causa / impulsor:* limitación de alternativas subterráneas por estado.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

EI5. Impacto en la bioenergía y nuevos sistemas energéticos

Riesgo	Riesgo de limitación del despliegue y rendimiento de bioenergía y nuevos sistemas energéticos con dependencia de agua por reducción de recursos, aumento de evapotranspiración y sequías, con incertidumbre en planificación y operación.
Descripción del impacto	La menor disponibilidad hídrica puede limitar la productividad de biomasa y cultivos energéticos, aumentar necesidades de riego y reducir disponibilidad de materias primas. En paralelo, tecnologías emergentes con demanda de agua (p. ej., ciertos esquemas de producción de hidrógeno, refrigeración o procesos asociados) pueden ver condicionada su viabilidad en territorios tensionados. La variabilidad estacional e interanual incrementa la incertidumbre operativa y puede requerir almacenamiento, recirculación o cambios de localización. En suma, se eleva el coste de oportunidad del agua y la necesidad de integrar criterios de resiliencia hídrica en la transición energética.
Componentes ambientales y sectores afectados	Bioenergía / biomasa: productividad y disponibilidad de materia prima. Nuevos sistemas energéticos: viabilidad condicionada por agua (captación / uso / vertido). Recursos y planificación: competencia por agua en territorios con estrés hídrico.
Amenazas climáticas asociadas	P3 + H1 / H2 (escasez como condicionante estructural de nuevos usos). T2 (mayor demanda evaporativa; menor productividad de biomasa y mayor consumo de agua). P2 (mayor estacionalidad / tensión en momentos críticas).
Impactos asociados	EI4 - *Concurrencia:* competencia industrial por agua en escasez. ECS9 - *Marco sistémico:* sequía prolongada condiciona la transición energética.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

RE. Impactos en los usos recreativos y turismo vinculados al agua

RE1. Deterioro de la calidad de aguas de baño y recreo

Riesgo	Riesgo de pérdida de aptitud sanitaria y ambiental de aguas de baño / recreo por calentamiento, eutrofización y contaminación episódica en extremos, con cierres temporales y pérdida de valor recreativo.
Descripción del impacto	El calentamiento del agua y el aumento del tiempo de residencia incrementan el riesgo de blooms (incluidas cianobacterias) y reducen oxigenación, afectando transparencia y calidad percibida. En episodios de inundación, los desbordamientos y arrastres pueden elevar contaminación microbiológica, obligando a cierres. En sequía, el estancamiento y la concentración de contaminantes pueden agravar episodios de mala calidad. El impacto se expresa en restricciones al baño, pérdida de atractivo turístico y riesgos sanitarios.
Componentes ambientales y sectores afectados	Zonas de baño y recreo: cierres, deterioro ambiental y riesgos sanitarios. Economía local / turismo: pérdida de ingresos y reputación. Gestión municipal y sanitaria: vigilancia, comunicación y medidas correctoras.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (asociación: calentamiento del agua; favorece blooms y pérdida de confort). H1 + P3 (menor dilución / estiajes → concentración y estancamiento). P4 (contaminación episódica tras extremos y desbordamientos).
Impactos asociados	SW5 - *Causa / impulsor:* eutrofización y blooms. SW2 - *Causa / impulsor:* mayor concentración por menor dilución. AU3 - *Concurrencia:* calidad del agua fuente y recreo se deterioran simultáneamente.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-3 - Contaminantes específicos (River Basin Specific Pollutants, RBSP) QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions) QE3-1-3 - Condiciones de oxigenación (Oxygenation conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación microbiológica (MICR - Microbiological pollution)

RE2. Reducción de caudales y niveles en ríos y embalses

Riesgo	Riesgo de pérdida de funcionalidad recreativa y paisajística en ríos y embalses por descenso de caudales y niveles asociado a sequías y menor recurso, con limitaciones de actividades (navegación, pesca, baño, uso social).
Descripción del impacto	Los caudales bajos reducen lámina de agua y accesibilidad, incrementan exposición de orillas y degradan calidad percibida. En embalses, el descenso de niveles puede dejar inoperativas rampas e instalaciones y aumentar conflictos entre usos, mientras en ríos limita actividades dependientes de caudal (descensos de rafting / piragüismo, pérdida de pozas aptas). La recurrencia de estiajes severos y prolongados incrementa la frecuencia de temporadas con oferta recreativa limitada, afectando a economías locales y a la percepción social del estado del recurso.
Componentes ambientales y sectores afectados	Ríos / embalses: menor lámina y accesibilidad; cambios paisajísticos. Turismo y economía local: pérdida de oferta recreativa y estacionalidad. Gestión del agua: mayor conflictividad por prioridades de uso.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H3 (descenso de recursos y estacionalidad más desfavorable). P3 (sequía meteorológica como marco de persistencia del descenso).
Impactos asociados	SW1 - *Causa / impulsor:* intermitencia y caudales bajos. ECS9 - *Marco sistémico:* sequía prolongada amplifica pérdidas recreativas.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

RE3. Pérdida de atractivos naturales vinculados al agua (cascadas, lagunas...)

Riesgo	Riesgo de pérdida o estacionalización de atractivos naturales ligados al agua (cascadas, lagunas, surgencias) por reducción de aportes, intermitencia y sedimentación, con pérdida de servicios culturales y de biodiversidad asociada.
Descripción del impacto	La reducción de aportes y la mayor irregularidad hidrológica pueden hacer que elementos emblemáticos dependientes de caudal / nivel pasen a ser estacionales o desaparezcan en estiaje. En lagunas y humedales, el descenso de niveles incrementa la temporalidad y reduce calidad paisajística y ecológica. La sedimentación puede acelerar la colmatación y reducir la persistencia de láminas de agua. El efecto repercute en turismo de naturaleza, identidad territorial y conservación de hábitats asociados.
Componentes ambientales y sectores afectados	Humedales / lagunas / cascadas: pérdida de permanencia, accesibilidad y valor ecológico. Turismo de naturaleza: reducción de atractivo y estancias. Conservación: mayor presión sobre hábitats singulares.
Amenazas climáticas asociadas	H1 + H2 + H3 (menos aportes, manantiales más vulnerables y mayor intermitencia / estacionalidad). P3 (persistencia de periodos secos). P4 (degradación puntual por erosión / arrastres y cambios geomorfológicos tras extremos).
Impactos asociados	SW1 - *Causa / impulsor:* intermitencia reduce permanencia de atractivos. ECS8 - *Causa / impulsor:* sedimentación acelera colmatación y pérdida.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime) QE2-3 - Condiciones morfológicas: ríos (Morphological conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

RE4. Alteraciones en la temporada turística por clima extremo

Riesgo	Riesgo de alteración de la temporada y del patrón de demanda turística por olas de calor, sequías e inundaciones, con cambios en estacionalidad, presión sobre servicios y posibles pérdidas económicas.
Descripción del impacto	Las olas de calor pueden desplazar demanda desde el verano hacia estaciones intermedias y aumentar episodios de incomodidad / alertas, afectando ocupación y duración de estancias. Las sequías y restricciones de agua reducen calidad de servicios (zonas verdes, oferta recreativa) y pueden afectar imagen del destino. Las inundaciones y tormentas extremas generan cancelaciones y daños en infraestructuras turísticas. En conjunto, se modifica la estacionalidad y se incrementa la necesidad de adaptación del sector y de los servicios urbanos asociados.
Componentes ambientales y sectores afectados	Turismo y economía local: cambios de demanda, cancelaciones y pérdidas. Servicios urbanos: picos de demanda de agua / energía en olas de calor. Entorno natural: pérdida temporal de atractivos por extremos.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (extremos térmicos / olas de calor → cambios de confort y estacionalidad). P3 + H1 (escasez y restricciones que deterioran oferta / servicios). P4 (episodios extremos con cancelaciones / daños). M2 (en destinos costeros expuestos): temporales como fuente de disrupción.
Impactos asociados	ECS7 - *Concurrencia:* episodios de mala calidad / patógenos afectan oferta recreativa. AU2 - *Cascada:* picos de demanda urbana en temporada cálida. RE2 - *Causa / impulsor:* bajos niveles / caudales reducen oferta turística vinculada al agua.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

AC. Impactos en la acuicultura y la pesca continental

AC1. Descenso del rendimiento de la acuicultura por condiciones adversas

Riesgo	Riesgo de descenso de rendimiento y aumento de mortalidad en acuicultura por aumento de temperatura del agua, menor oxígeno, blooms y extremos, con pérdidas económicas y cambios en idoneidad de emplazamientos / especies.
Descripción del impacto	El calentamiento del agua reduce márgenes térmicos para especies sensibles, eleva metabolismo y disminuye oxígeno disponible, incrementando estrés y mortalidad. En condiciones eutróficas, los blooms pueden causar hipoxia, toxinas y problemas de calidad, afectando crecimiento y seguridad del producto. Los extremos hidrometeorológicos pueden alterar calidad del agua y afectar infraestructuras de captación / descarga. El resultado exige ajustes de densidades, manejo, selección de especies y, en algunos casos, relocalización o inversiones en control ambiental.
Componentes ambientales y sectores afectados	Instalaciones acuícolas: estrés de organismos, pérdidas y costes de adaptación. Calidad del agua: temperatura, oxígeno y blooms como variables críticas. Economía local: pérdidas y cambios de empleo / actividad.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (asociación: aumento de temperatura del agua; estrés y mortalidad). H1 + H3 (estiajes / menor renovación → menor oxígeno y peor calidad). P3 (sequía refuerza estancamiento y vulnerabilidad operativa). P4 (alteraciones súbitas por extremos y arrastres, si la instalación depende de captación superficial).
Impactos asociados	ECS1 - *Causa / impulsor:* elevación térmica del agua. SW5 - *Causa / impulsor:* eutrofización y blooms. AU3 - *Concurrencia:* deterioro de calidad del agua fuente.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions) QE3-1-3 - Condiciones de oxigenación (Oxygenation conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Elevación de temperaturas (TEMP - Elevated temperatures)

AC2. Intrusión salina y cambios en estuarios que afectan cultivos marinos

Riesgo	Riesgo de cambios de salinidad y dinámica estuarina que afectan cultivos marinos por ascenso del nivel del mar, temporales y menor aporte fluvial, con impactos en productividad, calidad y estabilidad de los bancos.
Descripción del impacto	El ascenso del nivel del mar y los temporales modifican la cuña salina y la hidrodinámica estuarina, pudiendo aumentar salinidad media o su variabilidad, afectar turbidez y sedimentación, y alterar disponibilidad de nutrientes. La reducción de caudales fluviales en estiaje disminuye el aporte dulce y puede incrementar la penetración salina y la estabilidad de la estratificación. Estos cambios afectan fisiología, crecimiento y supervivencia de especies cultivadas, y pueden favorecer episodios de mala calidad del agua o proliferaciones. El impacto exige adaptación de prácticas, selección de zonas, calendarios y vigilancia ambiental.
Componentes ambientales y sectores afectados	Estuarios y zonas intermareales: cambios de salinidad, sedimento y calidad. Cultivos marinos: productividad, mortalidad y variabilidad interanual. Economía costera: pérdida de producción y necesidad de reubicación / adaptación.
Amenazas climáticas asociadas	M1 + M2 (nivel del mar y temporales → cambios hidrodinámicos e inundación / salinidad). H1 + H3 (menor aporte fluvial y estacionalidad alterada → mayor penetración salina). P3 (sequías prolongadas intensifican la cuña salina).
Impactos asociados	GW1 - *Concurrencia:* intrusión salina en acuíferos costeros y salinidad en transición. ECS11 - *Marco de riesgo compuesto:* temporales e inundación costera. ECS12 - *Concurrencia:* drenaje deficiente / elevación freática en llanuras litorales.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-4 - Condiciones de salinidad (Salinity conditions) QE2-1 - Régimen hidrológico: ríos (Hydrological or tidal regime)
Tipo de impacto (DMA)	Contaminación salina / intrusión (SALI - Saline pollution / intrusion) Alteración de la dirección de flujo subterráneo con resultado de intrusión salina (INTR - Alterations in flow directions resulting in saltwater intrusion)

AC3. Cambios en las poblaciones de peces continentales

Riesgo	Riesgo de cambios en distribución, abundancia y estructura poblacional de peces continentales por calentamiento del agua, intermitencia y pérdida de hábitat, con efectos en biodiversidad, pesca recreativa y conservación (incluida conectividad y diversidad genética).
Descripción del impacto	El aumento de temperatura desplaza rangos térmicos y puede provocar sustitución de especies frías por tolerantes, alterando comunidades y redes tróficas. La intermitencia y caudales bajos reducen refugios y conectividad, afectando reproducción y migraciones, y aumentando mortalidad en estiaje. La fragmentación y el aislamiento de poblaciones pequeñas incrementan la vulnerabilidad y pueden reducir diversidad genética, disminuyendo capacidad adaptativa. El resultado se manifiesta en cambios persistentes de poblaciones, pérdida de especies sensibles y modificación de servicios asociados (pesca recreativa y valores de conservación).
Componentes ambientales y sectores afectados	Peces continentales y hábitats: estrés térmico, pérdida de conectividad y refugios. Conservación / pesca recreativa: cambios en especies objetivo y medidas de gestión. Estado ecológico de masas: componente biológico clave.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (asociación: calentamiento del agua → cambios de distribución / migración). H1 + H3 + P3 (pérdida de hábitat en estiaje, intermitencia funcional y episodios secos más severos). N1 (si aplica): modificación del pulso pluvio-nival y de señales fenológicas.
Impactos asociados	ECS1 - *Causa / impulsor:* elevación térmica del agua. SW1 - *Causa / impulsor:* intermitencia reduce hábitat y conectividad. ECS3 - *Causa / impulsor:* alteración de comunidades biológicas.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE1-4 - Fauna ictiológica (Fish)
Tipo de impacto (DMA)	Elevación de temperaturas (TEMP - Elevated temperatures)

AC4. Nuevas enfermedades y parásitos en sistemas de cría

Riesgo	Riesgo de aparición / expansión de enfermedades y parásitos en sistemas de cría acuícola por calentamiento, cambios de calidad del agua y estrés, con pérdidas productivas y riesgos de bioseguridad.
Descripción del impacto	El calentamiento y la menor oxigenación aumentan estrés y susceptibilidad, y pueden favorecer ciclos de patógenos y parásitos (mayor replicación y persistencia). Los blooms y la degradación episódica de calidad del agua pueden actuar como desencadenantes o amplificadores de brotes. En eventos extremos, las disrupciones operativas y el deterioro de agua fuente incrementan vulnerabilidades de bioseguridad. El impacto exige reforzar vigilancia, protocolos sanitarios, gestión de densidades y, en su caso, adaptación de especies y emplazamientos.
Componentes ambientales y sectores afectados	Acuicultura: pérdidas productivas y aumento de costes sanitarios. Calidad del agua: variable crítica (temperatura, oxígeno, contaminantes). Salud pública (indirecto): gestión de riesgos en cadena alimentaria y usos compartidos.
Amenazas climáticas asociadas	T1 (asociación: mayor temperatura del agua → favorece patógenos y estrés). H1 + P3 (menor renovación / dilución en sequía → condiciones de brote más probables). P4 (si aplica): episodios extremos como disparadores por cambios bruscos en calidad del agua.
Impactos asociados	AC1 - *Causa / impulsor:* condiciones adversas en acuicultura favorecen brotes. AU6 - *Cascada (indirecta):* dimensión sanitaria y de gestión del riesgo.
Elementos de calidad afectados (DMA)	QE3-1-2 - Condiciones térmicas (Thermal conditions)
Tipo de impacto (DMA)	Otros impactos significativos (OTHE - Other significant impact type)

Anejo 5. Selección de riesgos - clave

Criterios de evaluación y escalas cualitativas

Nivel de propagación / Efecto sistémico

Este criterio valora **la capacidad del impacto de detonar efectos en cascada** o propagarse a otros sistemas, sectores o territorios. Un impacto con alto efecto sistémico puede amplificar riesgos en red si no se gestiona de forma coordinada. Prioridad a los impactos que detonan otros impactos, es decir, aquellos situados en posiciones altas de las cadenas de impacto (nodos que, al activarse, generan múltiples consecuencias en cascada). Se busca resaltar los impactos compuestos o en cascada cuya ocurrencia amplifica el riesgo general al desencadenar problemas adicionales en diversos sectores, en línea con el concepto de *risk accelerators* del IPCC AR6.

- **Alta.** El impacto genera *fuertes efectos en cascada* o sinérgicos, afectando a múltiples sectores (ej. un impacto en agua que a su vez detona riesgos en energía, agricultura, salud, etc.). Puede comprometer funciones críticas en cadena.
- **Media-alta.** El impacto produce *algunos efectos secundarios relevantes* en otros sistemas o sectores, aunque no de forma tan generalizada como en el nivel alto.
- **Media.** El impacto *se limita mayormente a su sector o área*, con efectos indirectos moderados en pocos otros ámbitos.
- **Media-baja.** El impacto presenta *poca propagación* fuera de su ámbito específico; los efectos en cascada son marginales o muy locales.
- **Baja.** El impacto es *aislado* y no induce prácticamente efectos sistémicos en otros sectores.
- **Incierta.** No se dispone de información suficiente sobre posibles efectos en cascada, o existe *alto desacuerdo* sobre la propagación del impacto.

Severidad / Magnitud

Este criterio valora el **grado de daño potencial o consecuencias** que podría acarrear el impacto en caso de materializarse, incluyendo la intensidad y la irreversibilidad de sus efectoshttps://climatica.coop/espana-afronta-141-riesgos-climaticos/. Grado de daño potencial asociado al impacto, incluyendo pérdidas económicas, sociales o ambientales, así como su carácter potencialmente irreversible o de larga duración. Este criterio estima la gravedad intrínseca del impacto: cuánto afecta la viabilidad de los ecosistemas o la salud y bienestar humanos, si provoca daños permanentes o recuperables ...

- **Alta.** Implica *daños muy graves o catastróficos*, pérdidas económicas y humanas significativas o efectos ecológicos irreversibles. Son impactos de gran magnitud que amenazan seriamente sistemas socioeconómicos o ecológicos.
- **Media-alta.** *Daños notables* en recursos, ecosistemas o sectores económicos clave, aunque potencialmente recuperables a largo plazo. Podrían requerir esfuerzos considerables de adaptación.
- **Media.** *Daños moderados*, manejables con medidas conocidas; las consecuencias, aunque importantes, no ponen en colapso los sistemas afectados.
- **Media-baja.** *Daños menores*, localizados o acotados en magnitud; generalmente no ponen en riesgo la funcionalidad esencial del sistema afectado.
- **Baja.** Impacto de *escasa magnitud*, con efectos leves o triviales fácilmente asimilables; no se esperan daños significativos.
- **Incierta.** No se conoce bien el posible *alcance del daño*; incertidumbre alta sobre la magnitud (por falta de estudios o variabilidad de escenarios).

Probabilidad futura (Peligrosidad climática)

Valora la **probabilidad esperada de que ocurra el impacto** dadas las proyecciones de cambio climático, es decir, cómo de seguro es que el fenómeno climático causal se intensifique o se materialice. Aumento esperado de la peligrosidad climática que desencadena el impacto, según las proyecciones disponibles, y el nivel de confianza científica asociado. Este criterio refleja la componente de amenaza (hazard) en términos del IPCC: se evalúa la tendencia esperada del fenómeno climático causante (sequía, inundación, temperatura, nivel del mar...) - incluyendo cuán probable es su intensificación en escenarios a 2050 - y el grado de certeza en esas proyecciones (alto, medio o bajo, según consenso científico).

- **Alta.** *Muy probable* según escenarios climáticos. Hay alta confianza científica de que el peligro climático asociado aumentará o ya está aumentando (p. ej., incremento proyectado de sequías o eventos extremos con alta certidumbre).
- **Media-alta.** *Probable* en la mayoría de escenarios, los escenarios alguna variabilidad. Evidencia suficiente de tendencia al alza del peligro, si bien podrían existir escenarios atenuantes.
- **Media.** *Probabilidad media*; los modelos proyectan cambios de cierta entidad, pero con incertidumbre significativa (p. ej., aumentos moderados o con dispersión entre escenarios).
- **Media-baja.** *Poco probable* o con tendencia débil. Los cambios proyectados en el clima asociado al impacto son leves o inciertos, sugiriendo una probabilidad relativamente baja.
- **Baja.** *Muy improbable* en las condiciones esperadas. No se anticipan incrementos significativos del peligro climático (o incluso se proyecta disminución); escasa probabilidad de que ocurra el impacto por causas climáticas.
- **Incierta.** La *evidencia es contradictoria o insuficiente*. No se puede estimar con confianza la evolución futura del peligro climático relevante.

Extensión y exposición

Considera **la extensión geográfica, poblacional y sectorial potencialmente afectada** por el impacto. Alcance geográfico, poblacional y sectorial del impacto. Se consideran impactos de amplia extensión (afectan a muchas cuencas, regiones o a un gran número de personas y sectores) frente a impactos muy localizados o sectoriales. Este criterio captura la dimensión de exposición: a mayor cantidad de elementos expuestos (población, infraestructuras, ecosistemas) en distintas zonas, más prioritario es el riesgo.

- **Alta.** Impacto de *alcance muy amplio*, posiblemente a escala nacional o en muchas cuencas/regiones. Afectaría a un gran porcentaje de la población y sectores en múltiples zonas.
- **Media-alta.** Afectación *regional o multisectorial notable*, cubriendo varias provincias o cuencas importantes, o población considerable pero no mayoritaria.
- **Media.** Impacto *limitado a ciertas áreas o sectores específicos*. Cobertura geográfica moderada (p.ej., una cuenca hidrográfica grande) o población afectada relativamente reducida en proporción nacional.
- **Media-baja.** Extensión *local o sectorial acotada*; solo unas pocas zonas concretas o comunidades específicas estarían expuestas significativamente.
- **Baja.** Impacto *muy localizado*, circunscrito a áreas puntuales. La población y territorio expuestos son mínimos.
- **Incierta.** Hay *dudas sobre la extensión*; falta información para determinar cuán extendido podría estar el impacto (p. ej., impactos emergentes o indirectos difíciles de mapear).

Vulnerabilidad actual

Mide **el grado en que los sistemas afectados son actualmente sensibles o carecen de capacidad adaptativa** frente al impacto. Se evalúa considerando condiciones presentes (uso del agua, estado de ecosistemas, nivel de sobreexplotación, resiliencia social). Grado en que los sistemas naturales o humanos actualmente pueden gestionar o absorber el impacto sin graves perjuicios. Un impacto frente al cual la capacidad adaptativa existente es baja (por ejemplo, porque las medidas actuales son insuficientes o la sensibilidad del sistema es extremadamente alta) se vuelve más crítico. Aquí se incluyen consideraciones como irreversibilidades, costos de adaptación disponibles, dependencia de tecnologías no desarrolladas, etc. En términos IPCC, combina la vulnerabilidad intrínseca (sensibilidad, umbrales de daño) con la capacidad adaptativa presente.

- **Alta.** El sistema o sector es *muy vulnerable actualmente*. existe estrés hídrico, degradación ecosistémica o escasa capacidad de respuesta. Pequeños cambios climáticos ya causan grandes impactos (situación al límite).
- **Media-alta.** *Vulnerabilidad notable*; existen factores de fragilidad (infraestructuras insuficientes, gestión deficiente, presiones antrópicas) que agravan la sensibilidad, aunque con cierto margen de adaptación.
- **Media.** *Vulnerabilidad moderada*; el sistema tiene algunas debilidades, pero también ciertas capacidades de adaptación o redundancias que mitigan los efectos.
- **Media-baja.** *Baja vulnerabilidad actual*; el sistema está relativamente bien gestionado o protegido, con buena capacidad adaptativa instalada, por lo que no es altamente sensible en las condiciones presentes.
- **Baja.** El sistema es *resiliente actualmente*; cuenta con amplias medidas de gestión, recursos o características intrínsecas que lo hacen poco susceptible al impacto en la actualidad.
- **Incierta.** *Desconocimiento o variabilidad* en la vulnerabilidad. No hay datos suficientes o la vulnerabilidad difiere mucho entre sub-regiones, impidiendo una valoración clara.

Urgencia temporal

Refleja **el horizonte temporal de manifestación del impacto y la necesidad de actuar**. Atiende a si el impacto ya ocurre o cuándo se espera que ocurra sin medidas adaptativas. Horizonte temporal de manifestación del impacto en su nivel preocupante. Se priorizan impactos ya observables o muy probables en el corto-medio plazo (presente - 2030) sobre aquellos cuya manifestación severa se espera hacia final de siglo. La inmediatez requiere actuación más urgente. Este criterio atiende al principio de precaución temporal: riesgos inminentes merecen mayor atención inmediata.

- **Alta.** Impacto *ya observable o inminente en el corto plazo*. Los efectos se están manifestando actualmente o lo harán en años próximos, requiriendo acción urgente.
- **Media-alta.** Impacto anticipado en el *medio plazo* (próximas décadas hasta ~2040), con señales precursoras; se debe planificar su adaptación en el presente ciclo de planificación.
- **Media.** Impacto a *plazo medio-largo* (horizonte 2050 aprox.); aunque no inmediato, es relevante considerar medidas progresivas.
- **Media-baja.** Impacto previsto a *largo plazo* (segunda mitad de siglo), con cierta incertidumbre en fechas; la urgencia es limitada en el contexto actual.
- **Baja.** Impacto *muy lejano o hipotético*, podría materializarse hacia final de siglo o más adelante; no constituye una prioridad temporal en este momento.
- **Incierta.** *Difícil de determinar* el momento de manifestación; puede depender de umbrales críticos o de escenarios extremos, sin consenso claro sobre la temporalidad.

Importancia estratégica

Valora la relevancia del impacto en relación con servicios esenciales, prioridades socioeconómicas o ambientales y objetivos estratégicos de planificación[4]. Un impacto estratégicamente importante afecta a recursos críticos (ej. agua potable, energía, salud pública, biodiversidad emblemática). Relación del impacto con servicios esenciales y con las prioridades nacionales definidas en estrategias como el PNACC. Se valoran especialmente los impactos que afectan al suministro de agua de consumo humano, la seguridad alimentaria, la protección civil (seguridad de las personas), así como su alineamiento con los ámbitos sectoriales prioritarios del PNACC (gestión del agua, salud, biodiversidad, zonas costeras, agricultura, energía, reducción del riesgo de desastres, etc.). También se considera aquí si el impacto atenta contra compromisos legales (p. ej., buen estado de las aguas, objetivos de directivas europeas).

- **Alta.** Impacto sobre *sectores o bienes estratégicos nacionales*. Compromete servicios básicos (abastecimiento urbano, seguridad hídrica, alimentaria o energética) o recursos de alto valor ecológico/cultural, con implicaciones mayores de política pública.
- **Media-alta.** Impacto relevante para *objetivos sectoriales o regionales clave*, aunque quizá no a nivel nacional. Podría afectar significativamente economías locales importantes o ecosistemas protegidos.
- **Media.** Impacto de *interés medio* en términos estratégicos. Aun siendo significativo, sus consecuencias se circunscriben a ámbitos menos críticos o pueden manejarse en la gestión sectorial ordinaria.
- **Media-baja.** Impacto con *poca importancia estratégica general*. Afecta a aspectos secundarios o prescindibles sin comprometer metas esenciales de planificación hidrológica o desarrollo.
- **Baja.** Impacto *nada estratégico*; su ocurrencia no trasciende más allá del ámbito local o de nicho, sin relevancia para políticas amplias.
- **Incierta.** *Desconocida la relevancia* estratégica. Puede tratarse de un impacto emergente o poco estudiado, cuyo alcance en términos de prioridades nacionales no está claro.

Valoración cualitativa de impactos por criterio

Se presenta una matriz resumen con **51 impactos climáticos identificados** en el ámbito del agua y su evaluación cualitativa según los siete criterios anteriores. Cada celda indica la valoración cualitativa (en **negrita**) y una breve justificación con referencia a fuentes relevantes. Los impactos se han organizado por categorías temáticas para mayor claridad.

Calidad de aguas superficiales (ríos, lagos y embalses)

La calidad de las aguas superficiales españolas se ve fuertemente afectada por el clima, agravando las presiones existentes. En periodos de caudal bajo, la capacidad de dilución disminuye y aumentan las concentraciones de contaminantes (nutrientes, sales, patógenos)https://www.funcas.es/articulos/impactos-del-cambio-climatico-en-espana/. Esto ya se ha observado en sequías recientes: por ejemplo, proliferaciones de algas tóxicas y altos nitratos en ríos y embalses durante 2017 y 2019 obligaron a extremar tratamientos potables.

Con menor aporte hídrico futuro, es *muy probable* que estos episodios sean más frecuentes y extendidos. Asimismo, el calentamiento del agua favorece la eutrofización: se han proyectado más casos de anoxia en embalses y floraciones algales intensas con el aumento de temperaturas. Las lluvias torrenciales, por otro lado, arrastran sedimentos y contaminantes difusos: estudios indican que eventos extremos aportan energía eólica e hídrica que erosionan cuencas y degradan la calidad del agua disponible. Todos estos factores combinados dificultan alcanzar el buen estado ecológico exigido por la Directiva Marco del Agua, especialmente en cuencas ya muy afectadas por actividades humanas. Por ello se valoran en nivel *alto* tanto la severidad (por el impacto ecológico y en usos humanos) como la probabilidad (escenarios robustos de cambio climático señalan estas tendencias) y la importancia estratégica de mantener la calidad del agua para la salud de ecosistemas y población.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
SW1	**Aumento de la intermitencia de ríos y arroyos** (tramos que antes llevaban agua todo el año ahora se secan estacionalmente)	**Media** – La pérdida de caudal en tramos fluviales afecta a ecosistemas locales, pudiendo dejar sin hábitat a especies acuáticas y reduciendo conectividad hídrica, con efectos principalmente ecológicos.	**Media-alta** – La desaparición estacional de flujos causa mortalidad de fauna acuática y degradación de humedales; impactos negativos importantes en la biodiversidad de aguas dulces.	**Alta** – Muy probable. El aumento de sequías y temperatura está incrementando la aridez, volviendo intermitentes ríos antes perennes (tendencia ya observada en cuencas mediterráneas)	**Media-alta** – Afectará sobre todo a cuencas del sur y este (ríos mediterráneos, subcuencas pequeñas), donde muchos cursos pueden secarse en estiaje prolongado; en regiones húmedas el fenómeno será más puntual.	**Alta** – Muchas corrientes ya tenían caudal muy justo en verano; la sobre extracción y regulación agravan la falta de caudal en estiaje, dejando a los ecosistemas fluviales altamente vulnerables al incremento de sequía.	**Alta** – Ya se están documentando ríos con estiajes extremos en los últimos años. La tendencia apunta a agravarse en el corto plazo, requiriendo acciones inmediatas (caudales ecológicos, etc.).	**Media-alta** – Si bien desde el punto de vista ecosistémico es crítico (afecta buen estado de masas de agua), estratégicamente impacta sobre todo a la biodiversidad y algunos usos locales (menor relevancia socioeconómica que otros impactos hídricos).
SW2	**Aumento de la concentración de contaminantes por menor dilución** (calidad química empeorada en caudales reducidos)	**Media** – La mala calidad del agua por contaminantes afecta al suministro urbano (requiere más tratamiento) y riego, pudiendo generar problemas de salud pública y ecosistémicos, aunque típicamente no escala más allá del sector agua/salud.	**Media-alta** – En periodos secos se elevan mucho las concentraciones de nitratos, sales, patógenos, etc., llegando a inutilizar fuentes de agua para consumo o riego; riesgos considerables para ecosistemas acuáticos (toxicidad, eutrofización).	**Alta** – Muy probable. Menos caudal y más evaporación conllevan casi con certeza mayores concentraciones de contaminantes en ríos y lagos (observado ya en sequías recientes).	**Media-alta** – Regiones agrícolas intensivas (zona mediterránea, valle del Guadalquivir, etc.) con escasos caudales veraniegos verán mayores concentraciones; cuencas con más caudal mantienen mejor dilución.	**Alta** – Muchas masas ya incumplen normas de calidad por nitratos o otros contaminantes difusos en régimen actual; con menos agua disponible, esa vulnerabilidad se agrava.	**Media-alta** – Los efectos se notan en cada sequía estival (algas, concentraciones elevadas); a corto plazo se requieren medidas porque la calidad ya falla en algunas cuencas.	**Alta** – La calidad del agua es estratégica para la Directiva Marco del Agua y para usos de abastecimiento; su deterioro supone riesgo para la salud humana y los objetivos ambientales

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
SW3	**Alteraciones de parámetros fisicoquímicos (pH, salinidad)** (cambios en la química básica del agua por cambio climático)	**Media-baja** – Cambios de pH o salinidad afectan principalmente al ecosistema acuático (ej. especies sensibles), con poca propagación a otros sistemas salvo en usos específicos (industria, potabilización) si los parámetros salen de rango.	**Media** – Un *pH* más ácido en aguas dulces o más salinidad en lagunas endorreicas puede estresar fauna/flora acuática y reducir la calidad para ciertos usos, pero generalmente el daño es limitado a casos puntuales.	**Media** – Posible bajo ciertos escenarios locales (p.ej. acidificación de aguas por menos aporte alcalino, salinización de humedales costeros por intrusión marina); pero la evidencia es moderada y variable según la zona.	**Media** – Probable especialmente en humedales costeros y masas aisladas propensas a evaporación (sureste semiárido). No es extensivo a todas las aguas superficiales.	**Media-alta** – Sistemas ya al límite (lagunas salobres, ríos de cabeceras con poco tampón) son vulnerables; otros cuerpos de agua tienen mayor capacidad de buffer químico y resistirían cambios moderados.	**Media** – Son cambios graduales; no constituyen una urgencia inmediata salvo en ecosistemas muy sensibles, aunque deben monitorearse tendencias.	**Media** – Importancia moderada: relevante para conservar ecosistemas particulares y para calidad industrial, pero no es de los problemas más críticos a nivel general de gestión del agua.
SW4	**Incremento de turbidez y sólidos en suspensión** (aguas más turbias por erosión e inundaciones)	**Media** – La alta turbidez por crecidas o incendios repercute en potabilización (necesidad de tratamiento) y en hábitats acuáticos, pero sus efectos no suelen trascender fuera del ámbito del agua y medio ambiente.	**Media-alta** – Las riadas torrenciales aportan sedimentos que enturbian el agua, dañan la biota (p. ej. ahogan frezas de peces) y colmatan embalses, reduciendo su capacidad útil. Daños notables a infraestructuras hidráulicas por deposición de fangos.	**Alta** – Muy probable. Con el aumento de episodios de lluvias extremas e incendios forestales, se espera más erosión y arrastre de sedimentos a cauces.	**Media-alta** – Las cuencas mediterráneas de relieve pronunciado (Pirineos, Sistema Bético) y suelos erosionables son muy propensas; cuencas llanas o mesetarias menos.	**Media-alta** – Muchas cuencas ya están erosionadas (después de incendios, prácticas agrícolas) y son muy sensibles a eventos de lluvia intensa que movilizan sedimentos en gran cantidad.	**Media-alta** – Ya se observan impactos (embalses medio colmatados en zonas críticas). Con las tormentas recientes, la turbidez ha causado cierres de abastecimiento temporalmente; requiere atención en próximos años.	**Media-alta** – Es importante para la gestión de embalses (almacenamiento) y tratamientos de agua, aunque quizá menos visible para el público que la escasez de agua; sin embargo, afecta a la seguridad de infraestructuras y costes de mantenimiento.
SW5	**Eutrofización de masas de agua lénticas** (crecimiento excesivo de algas por calor y nutrientes, deteriorando la calidad)	**Media** – Las proliferaciones algales pueden generar toxinas y malos olores, afectando usos recreativos y potabilización, con impactos en salud y turismo locales, pero sin fuertes efectos en otros sectores no vinculados al agua.	**Alta** – La eutrofización puede provocar *anoxia* en embalses y lagos, mortandad de peces masiva y pérdida de biodiversidad acuática; además compromete gravemente la calidad del agua de abastecimiento (toxinas, sabor).	**Alta** – Muy probable. El aumento de temperatura del agua y la menor dilución en estiaje promueven más floraciones algales y *blooms* de cianobacterias en embalses (ya observados en veranos cálidos).	**Media-alta** – Se concentra en masas lénticas eutróficas o con alta carga de nutrientes (embalses de riego, lagos poco profundos en cuencas agrícolas). Muchas de estas masas en España (Centro, Sur) están en riesgo.	**Alta** – Actualmente varios embalses presentan episodios de eutrofización estival (por nutrientes de origen agrícola); la capacidad de respuesta es baja (difícil remover nutrientes una vez en el agua).	**Alta** – Es un problema *ya presente* en algunos lugares cada verano y empeorará con climas más cálidos; urge implementar medidas (control de nutrientes, aireación) para evitar pérdidas de uso de esas aguas.	**Alta** – Tiene alta relevancia estratégica: afecta el cumplimiento de objetivos ambientales (DMA) y supone riesgo para abastecimiento urbano si proliferan toxinas; también daña turismo de baños y pesca recreativa.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
SW6	**Contaminación difusa provocada por inundaciones** (arrastre de fertilizantes, residuos, aguas residuales en episodios de crecida)	**Media** – Las inundaciones esparcen contaminantes en zonas amplias (ej. campos agrícolas, áreas urbanas), pudiendo afectar suelos, aguas y salud local, pero estos efectos tienden a ser temporales y contenidos geográficamente en la zona inundada.	**Media** – En riadas fuertes se vierten grandes cantidades de lodos, patógenos (por desbordes de alcantarillado) y químicos a ríos y acuíferos. Puede provocar picos de contaminación serios que inutilicen fuentes de agua potable en el corto plazo.	**Media-alta** – Cada vez más probable dado el aumento de lluvias torrenciales (https://climatica.coop/espana-afronta-141-riesgos-climaticos/). Inundaciones recientes han arrastrado purines, basura y otros contaminantes a ríos (ej. Dana 2019, 2023).	**Media** – Localizada donde ocurren inundaciones: cuencas mediterráneas y tramos bajos de ríos. La contaminación difusa por crecida afecta puntualmente a esas áreas inundadas, no a todo el país simultáneamente.	**Media** – Zonas con muchas fuentes contaminantes (agroindustrias, ciudades) cercanas al cauce son muy vulnerables. Sistemas con separación de pluviales o protección de residuos tienen menor vulnerabilidad.	**Media-alta** – Dado que las lluvias extremas ya están ocurriendo (ej. 2018, 2023) y ocasionando vertidos, es necesario actuar pronto mejorando la gestión de riesgos (planes de emergencia, depuradoras resilientes).	**Media** – Estratégicamente es importante en cuanto a salud pública local y calidad ambiental, pero suele ser de impacto acotado en el tiempo y espacio (tras la riada se diluye/depura). Importante integrar su riesgo en planes de inundación.
SW7	**Empeoramiento del estado de las masas de agua superficiales (DMA)** (dificultad para alcanzar/mantener buen estado ecológico/químico debido al cambio climático)	**Alta** – Integra muchos de los anteriores: la combinación de caudales reducidos, más contaminantes, más temperatura, etc., puede desencadenar una degradación generalizada de ecosistemas acuáticos, con consecuencias en cadena (pérdida de servicios ecosistémicos, mayor tratamiento de agua, etc.).	**Alta** – Implica que ríos y humedales pierden calidad ecológica (menos biodiversidad, más especies tolerantes) y química (más contaminantes), un daño ambiental significativo y persistente. Puede requerir medidas costosas para recuperar los ecosistemas afectados.	**Alta** – Muy probable. Las proyecciones apuntan a que los **peligros climáticos acentuarán** las presiones existentes, dificultando alcanzar el buen estado en muchas masas. Ya se observan retrocesos atribuidos a sequías y eventos extremos.	**Alta** – Potencialmente en todo el territorio, especialmente cuencas con fuerte estrés hídrico (Guadalquivir, Segura, Júcar) donde será más difícil mantener caudales y calidad adecuados.	**Alta** – La mayoría de masas que ya están en estado moderado o peor son altamente vulnerables, pues el cambio climático añadirá presión sobre sistemas ya degradados.	**Alta** – Es un problema vigente: los planes hidrológicos ya reconocen el impacto del clima en objetivos ambientales. Se requiere actuar ya para evitar el deterioro en el presente ciclo (2022-2027) y siguientes.	**Alta** – Mantener el buen estado de las aguas es un mandato legal y base de la gestión del agua. Su deterioro amenaza la seguridad ecológica y conlleva sanciones o ajustes de usos; por ello es de máxima prioridad estratégica.

Aguas subterráneas (cantidad y calidad)

El cambio climático ejerce una *doble presión* sobre las aguas subterráneas: por un lado, reduce la recarga por lluvias (y nieve) y aumenta la extracción por necesidades en sequía; por otro lado, empeora su calidad al concentrar contaminantes y favorecer intrusiones salinas. Estudios recientes destacan que en España la menor precipitación y mayor evapotranspiración resultarán en recargas decrecientes y aportes hídricos subterráneos reducidos a los ríos. Esto, junto a la subida del nivel del mar, produce *alteraciones en la fase subterránea del ciclo hidrológico, como salinización y concentración de contaminantes*. De hecho, la salinización de acuíferos costeros se considera un riesgo de *baja reversibilidad*, ya observado en el litoral (ej. salinización en delta del Ebro, acuíferos de Mallorca).

Además, muchos acuíferos agrícolas ya tienen elevadas cargas de nitratos; con menos agua de recarga, dichas concentraciones aumentarán, dificultando aún más alcanzar los objetivos de calidad. En suma, se espera un empeoramiento general del estado de las masas subterráneas, especialmente en cuencas mediterráneas estratégicas para el regadío y abastecimiento. Este panorama justifica valoraciones altas en todos los criterios: es altamente probable y severo, con gran extensión (afectando a numerosos acuíferos en varias regiones), muy urgente (ya se manifiesta) y de importancia estratégica debido al papel de las aguas subterráneas como *colchón en sequías y soporte de ecosistemas*.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
GW1	**Intrusión salina en acuíferos costeros** (entrada de agua de mar en acuíferos por subida del mar y menor recarga dulce)	**Media** – La salinización de acuíferos costeros afecta al abastecimiento local y agricultura de regadío (que pierden agua dulce), impactando economías costeras; no suele propagarse más allá de la zona afectada, pero puede obligar a transferir agua de otras fuentes.	**Alta** – Es *irreversible* a escala humana: un acuífero salinizado puede quedar inutilizable durante siglos. Amenaza recursos hídricos de zonas costeras densamente pobladas y cultivos de alto valor.	**Alta** – Muy probable. El nivel del mar en España podría subir ~50-60 cm para 2100 (https://climatica.coop/espana-afronta-141-riesgos-climaticos/), infiltrándose tierra adentro; ya se observa salinización en diversos acuíferos litorales.	**Media-alta** – Afecta acuíferos costeros de baja altitud y gran explotación (Litorales mediterráneos, Doñana, Canarias). Estas zonas comprenden buena parte de la franja costera española.	**Alta** – Muchos acuíferos costeros ya están sobreexplotados por demanda turística/agrícola, con intrusión incipiente; su capacidad de resistir el embate salino es muy baja actualmente.	**Alta** – Es urgente: la intrusión está ocurriendo (ej. acuífero del Llobregat, Almería) y empeorará sin medidas inmediatas de control y recarga.	**Alta** – El agua subterránea costera abastece a millones de personas y agronegocios; su pérdida compromete la resiliencia hídrica en regiones estratégicas (turismo, polos urbanos).

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
GW2	**Merma de calidad química de las aguas subterráneas** (por concentración de contaminantes: nitratos, pesticidas, etc., debido a menor recarga y eventos extremos)	**Media** – La contaminación de acuíferos afecta al suministro (agua no apta para beber) y a los ecosistemas que dependen de manantiales; puede obligar a buscar fuentes alternativas, con cierto efecto en cadena (costes mayores de agua).	**Media-alta** – Concentraciones elevadas de nitratos, sulfatos u otros contaminantes en acuíferos reducen su disponibilidad utilizable y pueden tardar décadas en revertirse. Riesgos para la salud si se consumen, y pérdida de ecosistemas asociados (manantiales contaminados).	**Alta** – Muy probable. Menos lluvia implica menor dilución de contaminantes existentes en el suelo, aumentando su concentración en las recargas que sí ocurren. Además, inundaciones pueden infiltrar episodios de contaminación puntual en acuíferos.	**Media-alta** – Especialmente en acuíferos agrícolas (Castilla-León, cuenca del Guadalquivir, Levante) ya con problemas de nitratos; su extensión es amplia en zonas de cultivo intensivo.	**Alta** – La mayoría de las masas subterráneas en zonas agrícolas ya presentan alta vulnerabilidad (muchas están declaradas en mal estado químico por nitratos hoy); cualquier reducción de recarga empeora la situación.	**Alta** – Ya es un problema actual (ej. pozos cerrados por nitratos en muchas comunidades). Con el cambio climático se agravará pronto, así que urge fortalecer control de vertidos y protección de recargas.	**Alta** – La calidad de las aguas subterráneas es crítica para abastecimiento rural y urbano (30% del suministro nacional) y para cumplir objetivos ambientales; su deterioro tiene alta prioridad de gestión.
GW3	**Empeoramiento del estado de las masas de agua subterráneas (DMA)** (dificultad para lograr buen estado cuantitativo/químico por el clima)	**Alta** – Combinación de menos recarga (cantidad) y más contaminación (calidad) en acuíferos tiene efectos sistémicos: escasez de agua potable, conflictos por bombeo entre sectores, pérdida de manantiales que alimentan ríos/zonas húmedas, etc.	**Alta** – Implica que muchas masas pasarían a mal estado, con acuíferos agotados o contaminados. Consecuencias severas: secado de humedales asociados, subsidencia del terreno en casos extremos, y fuerte impacto socioeconómico por restricción de extracciones.	**Alta** – Muy probable. Los peligros climáticos (sequía, calor, DANAs) *acelerarán* la sobreexplotación y contaminación ya existentes, haciendo difícil la recuperación de acuíferos.	**Alta** – Las masas subterráneas en cuencas mediterráneas y del sur (donde la demanda supera a la recarga) son las más expuestas; abarcan zonas amplias de uso agrícola y urbano intensivo.	**Alta** – Actualmente ~44% de masas subterráneas están en riesgo por sobreexplotación o contaminación. Estos sistemas ya vulnerables sufrirán directamente el estrés climático adicional.	**Alta** – Ya se observan signos de empeoramiento y para el ciclo de planificación 2027 muchas masas no alcanzarán buen estado si no se actúa rápidamente, dado que el clima adverso acelera su degradación.	**Alta** – Las aguas subterráneas son una reserva estratégica para periodos secos; su degradación compromete la seguridad hídrica nacional y la conservación de ecosistemas ligados al agua (alto valor estratégico).

Ecosistemas acuáticos y riesgos sistémicos relacionados

Esta sección abarca impactos en los servicios que proporcionan los ecosistemas de agua dulce y costeros vinculados al ciclo hidrológico (temperatura del agua, biodiversidad, especies invasoras), así como *riesgos sistémicos* derivados de eventos hidrológicos extremos (sequías e inundaciones) que afectan de forma amplia a la sociedad, la economía y el medio ambiente. Los eventos extremos hidrológicos representan riesgos climáticos de primer orden por su carácter sistémico. En España, tanto las sequías extremas como las inundaciones severas ya han mostrado su capacidad de causar impactos multisectoriales enormes. Por ejemplo, la sequía 2017 provocó pérdidas agrícolas millonarias y encareció la electricidad al reducir la hidroeléctrica.

Según la evaluación nacional, *los impactos climáticos en el agua ya alcanzan niveles severos y causan pérdidas crecientes*[, y las sequías extremas amenazan la disponibilidad de recursos hídricos. Con el cambio climático, se espera que el riesgo de escasez hídrica pase a ser alto con +1,5 °C y muy alto con +3 °C en el Mediterráneo. De igual modo, las inundaciones son el peligro natural más dañino históricamente en el país, con tendencia reciente al alza en el área mediterránea. Episodios como la DANA de octubre 2024 en Levante, con 232 fallecidos y 17 mil millones € en pérdidas, ejemplifican la severidad catastrófica posible. El calentamiento del mar intensifica estos eventos convectivos extremos, por lo que *la probabilidad de inundaciones devastadoras también aumenta*. Ambos tipos de eventos tienen alcance nacional – sequías prolongadas afectando varias cuencas a la vez, inundaciones cubriendo comarcas enteras – y revelan vulnerabilidades: desarrollo en zonas inundables, sobredependencia de agua en zonas áridas, etc. La urgencia de abordarlos es máxima, pues ya en la actualidad requieren gestión de crisis frecuente. Su importancia estratégica es indiscutible: la sequía prolongada compromete la seguridad hídrica y alimentaria del país, y las inundaciones extremas ponen en riesgo vidas, infraestructuras críticas y cuantiosos activos económicos, siendo un desafío principal para la adaptación climática en España.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
ECS1	**Elevación de la temperatura del agua en ríos, lagos y embalses** (calentamiento de las masas de agua continentales)	**Media** – El agua más cálida altera las cadenas tróficas y la química (menos oxígeno disuelto), afectando a la pesca continental y calidad del agua; repercusiones moderadas fuera del ecosistema acuático (podría afectar refrigeración industrial/magnitud hidroeléctrica en casos extremos).	**Media-alta** – Pone en riesgo especies acuáticas adaptadas a agua fría (ej. trucha común) que pueden desaparecer localmente; también propicia algas y patógenos. Impacto notable en biodiversidad y potencialmente en usos recreativos (baño, pesca deportiva).	**Alta** – Prácticamente cierto con el calentamiento global. Ya se observan aumentos en la temperatura fluvial, y con +2 °C global las aguas continentales españolas subirán significativamente (especialmente en verano).	**Alta** – Afecta de forma difusa a la mayoría de ríos y masas de agua, con mayor incidencia en tramos medios y bajos de ríos (menos sombra) y aguas someras.	**Alta** – La biota actual tiene poca capacidad de adaptación a cambios térmicos rápidos; muchas especies están en su límite térmico sur en la Península. Ecosistemas ya estresados (contaminados o regulados) son aún más vulnerables al calor.	**Alta** – Es un proceso ya en marcha (registros de aguas dulces más cálidas en las últimas décadas). En el corto plazo puede exceder umbrales ecológicos en algunas masas, por lo que requiere atención inmediata (refugios, caudales frescos).	**Media-alta** – Importante para conservar ecosistemas y cumplir normativa (evitar que la temperatura cause deterioro de masas). También influye en la gestión (menos eficiencia en centrales térmicas/hidroeléctricas en aguas calientes). No es tan visible para la sociedad como otros impactos, pero sí crítico ecológicamente.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
ECS2	**Deterioro de la funcionalidad de los hábitats acuáticos** (pérdida de funciones ecológicas en ríos, humedales, estuarios)	**Media-alta** – Hábitats degradados (riberas secas, humedales menguantes) implican pérdida de servicios ecosistémicos (regulación de crecidas, filtración de agua, ocio) que luego afectan a comunidades humanas locales y sectores como pesca o turismo de naturaleza.	**Alta** – La alteración de ciclos hidrológicos y hábitats (menos caudal, sequía de humedales) conlleva pérdida de biodiversidad, colapso de poblaciones locales y desaparición de servicios clave (ej. polinización en zonas húmedas, refugio de fauna).	**Alta** – Muy probable. Ya se documenta retroceso de humedales (Doñana en sequía) y degradación de riberas por crecidas extremas. El clima futuro intensificará estos procesos (más sequías prolongadas, inundaciones que erosionan riberas).	**Alta** – Afecta a numerosos ecosistemas en toda España: humedales interiores (La Mancha, Delta Ebro), riberas mediterráneas y bosques de ribera en general, que en su mayoría sufrirán estrés hídrico y eventos extremos.	**Alta** – Muchos hábitats ya están fragmentados y degradados por actividades humanas; el añadido del cambio climático los pilla con poca resiliencia. Por ejemplo, humedales costeros ya afectados por extracción se secan con más calor.	**Alta** – Se están viendo efectos ahora (humedales secos, riberas sin vegetación por sequía). La próxima década es crítica para implementar adaptación (restauración ecológica) o muchas funciones se perderán irreversiblemente.	**Alta** – Los ecosistemas acuáticos sustentan biodiversidad única y brindan servicios esenciales (agua limpia, control de avenidas). Su degradación tiene implicaciones estratégicas en conservación y bienestar humano a largo plazo.
ECS3	**Alteración de las comunidades biológicas (fauna y flora)** (cambios en la composición de especies en aguas continentales)	**Media** – Cambios en comunidades acuáticas (desaparición de especies locales, proliferación de otras) afectan principalmente al equilibrio ecológico y ciertos sectores (pesca recreativa), con escasa repercusión directa en otros ámbitos socioeconómicos.	**Media-alta** – Pérdida de biodiversidad acuática (peces, anfibios, macroinvertebrados) y florística (macrófitos) implica un ecosistema menos resiliente y funcional. Puede llevar a explosiones de algunas especies (p.ej. algas) y colapso de otras, alterando toda la red trófica.	**Alta** – Ya está ocurriendo: desplazamiento de especies hacia el norte o a cotas mayores, desaparición local de sensibles (ej. moluscos de agua fría). Con el aumento térmico e hidrológico previsto, es seguro que las comunidades cambiarán drásticamente.	**Alta** – Generalizado en todos los sistemas de agua dulce del país, aunque con distintos ganadores/perdedores según zonas. Toda la biota acuática ibérica se ve expuesta al cambio de condiciones climáticas.	**Alta** – Muchas especies endémicas o de distribución limitada en España (ej. peces ibéricos) ya están amenazadas por hábitat fragmentado; su vulnerabilidad es altísima. Comunidades ya estresadas por contaminación/invasoras serán las más afectadas.	**Media-alta** – El proceso está en curso, pero es gradual; sin embargo, algunas especies podrían cruzar umbrales de forma abrupta si se supera cierta temperatura o caudal. En próximas décadas se espera aceleración de cambios de composición.	**Media-alta** – Aunque puede no parecer prioritario frente a impactos humanos, la alteración de comunidades indica pérdida de patrimonio natural y posibles disrupciones de servicios (p.ej. insectos acuáticos controlando plagas). Estratégicamente relevante para biodiversidad y la salud de ecosistemas.
ECS4	**Afección a especies emblemáticas y endémicas** (riesgo para especies acuáticas singulares de alto valor patrimonial en España)	**Media** – La extinción local de especies emblemáticas (ej. náyades, peces únicos) es un golpe para la biodiversidad y puede afectar turismo de naturaleza o identidad regional, pero no genera cascadas funcionales amplias en otros sectores humanos.	**Alta** – Muchas especies emblemáticas/endémicas acuáticas podrían extinguirse en ciertas cuencas (ej. salmón atlántico en tramos sur, fartet en humedales costeros) debido al calor o sequía. La pérdida de estos elementos únicos es irreparable, con gran impacto ecológico y cultural.	**Alta** – Alta probabilidad. España alberga gran biodiversidad acuática restringida a hábitats muy concretos (ibones, ríos cabecera, marjales); el cambio climático ya amenaza su supervivencia.	**Media-alta** – Se concentra en hábitats específicos: cabeceras de ríos fríos (trucha común, náyade auriculada), acuíferos cársticos (crustáceos estigobios), humedales costeros (fartet). No es todo el territorio, pero sí numerosos enclaves aislados.	**Alta** – Estas especies a menudo ya están en peligro por hábitat reducido; tienen muy poca capacidad de adaptación o migración. Cualquier cambio climático adicional las empuja al borde de la extinción.	**Alta** – Inminente para algunas: p.ej. poblaciones de anfibios de montaña ya diezmadas por sequías recientes. En los próximos 5-10 años podríamos perder núcleos críticos si no se protege su hábitat/refugio climático.	**Alta** – Desde el punto de vista estratégico de conservación es altísima la prioridad: España tiene responsabilidad internacional en preservar estas especies únicas. Su pérdida supondría incumplir compromisos de biodiversidad.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
ECS5	**Degradación de ecosistemas ribereños y terrestres asociados** (bosques de ribera, turberas, marjales ligados al agua)	**Media-alta** – La desaparición o degradación de bosques de ribera repercute en la erosión de suelos, infiltración y calidad de agua, lo que afecta a la regulación hidrológica y, por ende, a sectores agrícolas y urbanos río abajo.	**Alta** – Los bosques de ribera y humedales asociados pueden secarse o quemarse (incendios en sotos) con climas más secos, perdiéndose su función de *infraestructura verde*. Se acelera la erosión de cauces sin sujeción vegetal y disminuye la recarga de acuíferos locales.	**Alta** – Muy probable. La menor disponibilidad hídrica y mayor frecuencia de crecidas secas/calientes ya está afectando a las formaciones de ribera (pérdida de álamos, olmedas). Continuará con alta probabilidad en escenarios futuros.	**Alta** – Abarca tramos fluviales de buena parte del país, especialmente medianos y pequeños ríos en zonas secas donde las riberas desaparecerán si el río se seca. También humedales interiores y marjales costeros están en riesgo amplio.	**Alta** – Tras décadas de presión (canalizaciones, extracciones), los ecosistemas asociados al agua están muy mermados; su resiliencia ante más estrés climático es baja. Ej: Tablas de Daimiel casi se secan en cada sequía por vulnerabilidad acumulada.	**Alta** – Ya se observan señales (riberas con árboles muertos por falta de caudal, humedales que no se inundan algunos años). Actuar ahora es crucial para restaurar y proteger estos sistemas antes de que se pierdan definitivamente.	**Media-alta** – Estratégicamente son importantes como barrera natural frente a avenidas y para la calidad del agua; sin embargo, históricamente han recibido menos atención que obras grises. Su degradación puede agravar otros riesgos (inundaciones sin retención natural, etc.), por lo que es relevante en adaptación.
ECS6	**Expansión de especies exóticas invasoras** (mejora de condiciones para invasores acuáticos)	**Media-alta** – Las invasoras acuáticas (mejillón zebra, jacinto de agua, lucio, etc.) al propagarse impactan la biodiversidad nativa y también sectores humanos: obstruyen infraestructuras hidráulicas, dañan pesca autóctona, etc., generando costes económicos y de gestión en varios ámbitos.	**Alta** – La proliferación de invasoras puede llevar a extinciones locales de especies nativas, alterar totalmente la estructura de ecosistemas y causar daños económicos considerables (limpieza de embalses, bloqueos de riego, etc.). Es uno de los impactos ecológicos más graves y difíciles de revertir.	**Alta** – Muy probable. El calentamiento amplía el área climáticamente adecuada para invasoras tropicales/subtropicales, y las alteraciones hidrológicas favorecen algunas oportunistas. Ya se han observado nuevos brotes (ej. alga Didymo en ríos fríos con menos caudal).	**Alta** – En todo el país: distintas invasoras en distintos sistemas (ríos del Ebro plagados de mejillón cebra, camalote en Guadiana, caracol manzana en Ebro, etc.). Con el clima templándose, regiones antes frías se vuelven aptas también.	**Media-alta** – Ecosistemas ya perturbados o con pocas especies nativas fuertes son muy vulnerables (ej. cuencas reguladas, lagos artificiales). La vigilancia actual es desigual, por lo que algunos sistemas son muy susceptibles a invasiones sin detección temprana.	**Alta** – La expansión de invasoras está ocurriendo aceleradamente (cada año se detectan nuevas poblaciones). Requiere acción inmediata en prevención, pues una vez establecidas son casi imposibles de erradicar.	**Media-alta** – Por un lado, es estratégico evitar invasoras porque comprometen la **gestión del agua** (embalses, canales) y la biodiversidad; por otro, compite con otras prioridades. Aun así, la lucha contra invasoras es destacada en planificación por sus altos costes a largo plazo si no se ataja.
ECS7	**Proliferación de patógenos y contaminantes emergentes** (nuevos riesgos biológicos y químicos en el agua por condiciones más cálidas)	**Media** – Un aumento de patógenos (ej. bacterias como *Vibrio* en aguas más cálidas costeras, microbios en embalses) puede afectar la salud humana (bañistas, consumo) y la fauna, implicando al sector salud y medioambiental; no suele generar cascadas amplias más allá.	**Media** – Puede elevar la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica (otitis, gastroenteritis) y mortandad de peces por patógenos; también aparición de contaminantes emergentes (microcistinas, etc.). Serio localmente, pero raramente catastrófico.	**Media-alta** – Probable. Ya se han dado casos de *Vibrio* en costas europeas en olas de calor. En interior, temperaturas mayores facilitan *blooms* de cianobacterias tóxicas. A su vez, sequías concentran contaminantes químicos poco estudiados (fármacos, PFAS).	**Media** – Focos localizados: zonas de agua estancada o escasa circulación (embalses, lagunas), y bañistas en costas cálidas. No es un riesgo uniforme en todas las masas de agua.	**Media** – Los sistemas de control de calidad de agua actuales mitigan parte del riesgo (cloración, etc.), pero ecosistemas con fauna no acostumbrada a nuevos patógenos son vulnerables. La capacidad sanitaria en España es alta, reduciendo vulnerabilidad humana, pero no así la de fauna silvestre.	**Media** – Por ahora es un riesgo incipiente, pero con temperaturas récord anuales, podría emerger rápidamente un brote serio. Conviene vigilar ya (no urgente como sequías, pero tampoco trivial a largo plazo por salud pública).	**Media** – De importancia moderada: se relaciona con salud pública (si bien de momento rara vez grave) y con conservación (enfermedades en anfibios, peces). La gestión adaptativa puede incluirlo en planes sanitarios y ambientales sin ser la máxima prioridad, pero con atención.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
ECS8	**Incremento de la sedimentación en embalses y cauces** (mayor colmatación por arrastres sólidos, p.ej. tras incendios o lluvias intensas)	**Media-alta** – Embalses colmatados pierden capacidad de regulación, lo que afecta a la disponibilidad de agua para todos los usos y aumenta riesgo de inundaciones. Se extiende por tanto a sector agrícola, abastecimiento y control de crecidas.	**Alta** – La reducción de capacidad útil en embalses grandes puede ser muy perjudicial (menos agua almacenada para riego/consumo, menor laminación de avenidas). Además, la sedimentación excesiva degrada hábitats fluviales y encarece mantenimiento de infraestructuras.	**Alta** – Muy probable. Las lluvias torrenciales más frecuentes y la mayor erosión post-incendios generarán aportes masivos de sedimento. Ya se observa tras eventos extremos (embalse de Yesa, por ejemplo, con avenidas fangosas).	**Alta** – Generalizado en cuencas con pendientes y fuertes tormentas (Pirenaicas, Sistema Central, Béticos). España en general tiene alta erosividad, por lo que la mayor parte de embalses puede verse afectada en distinto grado.	**Media-alta** – Embalses en cuencas deforestadas o incendiadas son muy vulnerables; los que tienen cuencas reguladas o con buena cubierta vegetal resisten mejor. Muchos embalses antiguos ya están medio colmatados (vulnerabilidad creciente con menor margen).	**Media-alta** – El proceso es paulatino pero acumulativo; cada gran tormenta añade sedimentos. En 10-20 años sin medidas, la capacidad en algunos embalses críticos puede quedar seriamente mermada, por lo que es urgente planificar dragados u otras acciones.	**Alta** – Estratégicamente crítico: los embalses son clave para la seguridad hídrica española, y su colmatación compromete esa función. Además, sedimentación en cauces agrava inundaciones. Por ello mantener su capacidad es una prioridad en adaptación.
ECS9	**Daños sistémicos (sociales, económicos, ambientales) por sequía prolongada** (sequías extremas de larga duración)	**Alta** – Una gran sequía afecta en red a múltiples sectores: agricultura (pérdidas de cosechas), ganadería (falta de pastos), energía (menos hidroeléctrica, más coste eléctrico), salud (olas de calor), ecosistemas (mortandad de árboles), etc. Todo interconectado en la economía nacional.	**Alta** – Históricamente, sequías severas han causado enormes pérdidas económicas y restricciones de agua potable. Una sequía prolongada podría llevar a racionamiento, migración rural, conflictos por el agua, y daños ambientales irreversibles (humedales secos, bosques diezmados).	**Alta** – Muy alta probabilidad. El IPCC y estudios nacionales confirman que las sequías serán más frecuentes y duraderas en la cuenca mediterránea. Ya en 2017 y 2022 se sufrieron sequías severas; con +2°C se espera riesgo muy alto de sequía en el sur de Europa.	**Alta** – Puede afectar simultáneamente a gran parte de España, especialmente cuadrante sur y centro (donde la sequía de 2017 impactó vastas áreas agrícolas). Cobertura prácticamente nacional en escenarios extremos.	**Alta** – España es de por sí vulnerable a la sequía; los sistemas de riego, ciudades y ecosistemas tienen resiliencia limitada a eventos muy largos. Tras uno o dos años secos, los embalses y acuíferos quedan al mínimo, exponiendo la alta vulnerabilidad estructural.	**Alta** – Urgentísimo. Actualmente ya se están experimentando periodos secos alarmantes (2022-23 con emergencia en varias cuencas). Cada ciclo hidrológico aumenta la urgencia de prepararse para sequías plurianuales.	**Alta** – La sequía es quizá el riesgo climático número uno para España por su alcance e impactos múltiples. Amenaza la seguridad alimentaria, el abastecimiento urbano, la producción energética y los ecosistemas; es central en la planificación hidrológica.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
ECS10	**Daños sistémicos por avenidas fluviales e inundaciones pluviales** (inundaciones terrestres catastróficas por lluvias extremas)	**Alta** – Inundaciones masivas generan crisis humanitaria (evacuaciones, muertos), paralizan economías locales (infraestructuras dañadas, producción detenida) y requieren movilización de emergencias a gran escala. Efectos cascada: cortes de energía, transporte interrumpido, contaminación difusa, etc..	**Alta** – Son los eventos naturales más devastadores en España en términos de vidas y costes. Por ejemplo, la DANA Mediterránea de 2024 causó 232 muertes y €17.000 millones en daños. Destrucción de viviendas, infraestructura, cultivos e incluso patrimonio cultural.	**Media-alta** – Probabilidad en aumento, aunque con incertidumbre. Observaciones muestran tendencia a más inundaciones costeras mediterráneas por lluvias torrenciales más frecuentes. El calentamiento del mar intensifica DANA y convectivas, por tanto, eventos extremos son más probables (pero la variabilidad natural influye).	**Media-alta** – Aunque no todo el territorio se inunda a la vez, áreas extensas pueden ser afectadas en un mismo episodio (ej. gota fría abarcando varias provincias). Todas las cuencas mediterráneas y atlánticas bajas son propensas a grandes avenidas con tormentas estacionarias.	**Media** – La vulnerabilidad varía: zonas con planificación y defensas adecuadas (p.ej. País Vasco tras inundaciones históricas) son menos vulnerables que cuencas con ocupación de llanuras de inundación (Mediterráneo). En general, la sociedad española tiene cierto nivel de preparación, pero enclaves vulnerables (urbanizaciones en ramblas, etc.) elevan el riesgo.	**Alta** – Tras eventos recientes mortíferos (Mallorca 2018, Dana 2019, Valencia 2024), es claramente urgente mejorar la adaptación: sistemas de alerta, ordenación del territorio, y resiliencia de infraestructuras. Los eventos extremos pueden ocurrir en cualquier momento.	**Alta** – Las inundaciones son un riesgo prioritario en protección civil. Por su impacto multisectorial y pérdidas enormes, tienen alta importancia estratégica; además, con el cambio climático su gestión se ha integrado en directivas (inundaciones) y planificación adaptativa.
ECS11	**Daños sistémicos por inundaciones costeras y temporales marítimos** (inundación de zonas litorales por subida del nivel del mar y tormentas)	**Alta** – Impactos en cadena: daños en turismo (playas erosionadas, hoteles inundados), infraestructuras portuarias, viviendas costeras, salinización de suelos agrícolas, desplazamiento de poblaciones costeras. También puede afectar industrias (polígonos en costas) y ecosistemas marinos/costeros con efectos socioeconómicos asociados.	**Alta** – Muy grave en escenarios altos: barrios enteros y paseos marítimos destruidos, retroceso permanente de la línea de costa, pérdida de terrenos habitables. Temporales extremos ya han causado destrozos millonarios (Gloria 2020). A finales de siglo, sin adaptación, las pérdidas anuales podrían ser enormes en costas mediterráneas y atlánticas.	**Alta** – Muy probable. Con la elevación del nivel del mar hasta ~0,5 m en 2100 y posiblemente mayor, incluso sin aumento de tormentas, las inundaciones costeras excepcionales serán frecuentes. De hecho, ya se observan más inundaciones de marea en zonas bajas.	**Media-alta** – Las zonas costeras bajas (deltas del Ebro, Llobregat, marismas, Manga del Mar Menor) serán las más afectadas, así como playas abiertas al oleaje. Un ~40% de la población española vive en la costa, así que la extensión del problema es grande, aunque concentrada en franjas estrechas del territorio.	**Alta** – Muy vulnerable: gran densidad poblacional, infraestructuras críticas (puertos, ciudades) y ecosistemas ya estresados (dunas degradadas, manglares ausentes) hacen a las costas españolas particularmente sensibles.	**Media-alta** – El nivel del mar sube gradualmente, pero los efectos empiezan a sentirse (cada tormenta causa más daño que la anterior línea base). Es urgente planificar adaptación costera ya (protecciones, retirada planeada) para evitar daños catastróficos en próximas décadas.	**Alta** – Estratégicamente alto: las costas concentran gran parte del PIB (turismo, comercio) y población. Protegerlas o adaptarse (p.ej. relocalizar) es un desafío nacional de primer orden, reconocido en la Estrategia de Adaptación de Costas.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
ECS12	**Elevación del nivel freático y drenaje deficiente en llanuras litorales** (inundación subterránea de terrenos costeros bajos)	**Media** – Afecta sobre todo a la agricultura (encharcamiento y salinización) y a infraestructuras locales (sótanos, carreteras con drenaje deficiente). Puede agravar lluvias ordinarias e impedir escurrimiento, además de generar problemas de salubridad (humedades, mosquitos), aunque su impacto difícilmente va más allá de la zona costera afectada.	**Media** – El ascenso del nivel freático puede inutilizar tierras de cultivo por anegamiento y salinización, afectando economías agrarias locales. También compromete cimentaciones e infraestructuras de saneamiento. No es un impacto súbito, pero sí un deterioro significativo de la habitabilidad y productividad en llanuras litorales.	**Media-alta** – Bastante probable a medida que suba el mar. Ya se detecta en algunos humedales costeros que el agua subterránea aflora más, y con +0,5 m de mar es casi seguro que muchas zonas bajas no drenen bien. Sin embargo, la magnitud exacta depende de la geomorfología local.	**Media** – Se limita a áreas muy específicas: porciones de deltas (Ebro, Guadalquivir), marjales costeros y planicies detrás de dunas en la costa mediterránea. No es un fenómeno generalizado país adentro.	**Alta** – En las zonas identificadas, la vulnerabilidad es alta: son terrenos ya difíciles de drenar (a menudo necesitaban bombeo) y con alta salinidad natural. Con el mar más alto, esas dificultades se exacerban muchísimo.	**Media** – El proceso es gradual; en un par de décadas podría empezar a ser notorio. A corto plazo no es tan visible como las inundaciones súbitas, pero requiere planificar con tiempo (ej. cambiar cultivos, mejorar drenajes), aunque no al nivel de urgencia de otros riesgos inmediatos.	**Media** – Importancia focalizada: crítico para las comunidades agrarias y naturales de esas zonas (p.ej. arrozales del Delta del Ebro), pero a escala nacional su impacto es sectorial/territorialmente limitado. Sigue siendo un tema a incluir en la adaptación costera integrada.
ECS13	**Incremento de la incidencia de incendios forestales asociados al clima**	**Alta** – Incendios severos detonan impactos en cascada: pérdidas de biodiversidad y sumideros de carbono, erosión post incendio, picos de turbidez y sedimentación que degradan la calidad del agua y la regulación hidrológica, además de efectos en salud por humo.	**Alta** – En temporadas desfavorables se registran mega incendios con daños catastróficos locales (personas, bienes, hábitats) y degradación duradera de servicios ecosistémicos; el PNACC prioriza el seguimiento de grandes incendios (Indicador 26).	**Alta** – El IPCC prevé un aumento del riesgo de incendios en Europa con el calentamiento. En 2025, World Weather Attribution estimó que las condiciones extremas de calor, sequedad y viento que favorecieron los grandes incendios ibéricos fueron ~40 veces más probables por efecto del cambio climático antropogénico.	**Media - alta** – Afectación principal en regiones mediterráneas e interior con interfaz urbano-forestal; 2025 marcó máximos históricos de superficie quemada en España.	**Alta** – Abandono rural y acumulación de combustible, sequías y olas de calor prolongadas incrementan la sensibilidad del territorio al fuego (el propio PNACC vincula reto demográfico y riesgo de incendios).	**Alta** – Temporadas recientes muestran aceleración del riesgo; se requieren medidas inmediatas de prevención y gestión del combustible.	**Alta** – Riesgo transversal (seguridad, salud, biodiversidad, agua, economía local) y priorizado en el marco PNACC.

Abastecimiento urbano, saneamiento y salud pública

En el entorno urbano, el cambio climático desafía la gestión integral del agua, con implicaciones directas en la población. Las sequías prolongadas ponen en jaque la garantía de abastecimiento urbano, un servicio esencial. Ciudades españolas ya han enfrentado escenarios de reservas al límite (Barcelona en 2008 y 2023, Sevilla en 1995), y el PNACC resalta que los impactos en el agua *ya son severos y provocan pérdidas humanas y económicas*https://climatica.coop/espana-afronta-141-riesgos-climaticos/. Por tanto, se valora alta severidad y propagación: un corte de suministro afecta a hogares, hospitales, industrias… es un impacto sistémico. A su vez, la intensificación de las lluvias extremas está sobrecargando los drenajes urbanos, aumentando las inundaciones en ciudades. Esto conlleva daños locales considerables e interrupción de servicios (transporte, electricidad), con alta urgencia de adaptación en núcleos urbanos.

La calidad del agua bruta también sufre (floraciones algales, turbidez post-DANA), poniendo a prueba las plantas potabilizadoras – un aspecto crítico para la salud pública. Adicionalmente, la combinación de calor, agua estancada e infraestructuras saturadas puede facilitar la proliferación de patógenos y vectores urbanos, aunque hasta ahora España ha contenido bien estos riesgos. En general, todos estos impactos urbanos tienen importancia estratégica elevada, pues inciden en la vida cotidiana de millones de personas y requieren inversiones considerables en infraestructuras resilientes (nuevas fuentes, redes separativas, tanques de tormentas, etc.). La evidencia apoya estas valoraciones: por ejemplo, se prevé aumento tanto de demanda de agua potable como de eventos de lluvia intensa en ciudades, confirmando la alta probabilidad de las tendencias observadas. En suma, las áreas urbanas concentran vulnerabilidades cruciales que exigen respuesta pronta dentro de la planificación hidrológica adaptativa.

Cód	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AU1	**Reducción de la garantía de suministro al abastecimiento** (menos fiabilidad en proveer agua potable continua)	**Alta** – Si falta agua potable, afecta a toda la sociedad urbana, con posibles cortes que paralizan escuelas, hospitales, industrias; puede generar tensiones sociales y requisición de agua de otros sectores (impacto cascada elevado).	**Alta** – Implica restricciones de consumo que afectan la calidad de vida y la economía (negocios, turismo). En casos extremos, ciudades podrían agotar sus reservas (escenario tipo "Día Cero" como sufrió Ciudad del Cabo).	**Alta** – Muy probable en cuencas con estrés hídrico creciente. Ya se han activado restricciones en grandes urbes españolas (ej. Barcelona 2008, 2023). Con menos recursos y más sequías, la probabilidad de no poder satisfacer demandas urbanas aumenta significativamente.	**Media-alta** – Regiones mediterráneas y del sur con crecimientos urbanos notables y recursos limitados (Cataluña, Levante, Madrid periferia) son las más expuestas. Otras zonas húmedas menos. En conjunto, gran parte de la población podría experimentar alguna restricción en sequías severas.	**Media-alta** – Muchas redes urbanas tienen pérdidas altas y fuentes sobreexplotadas; vulnerables, pero con margen de mejora (ahorro, desalación). Ciudades costeras con desaladoras son menos vulnerables que interiores sin alternativas.	**Alta** – Tras varios conatos recientes, es urgente diversificar fuentes y gestionar demanda ya mismo. Los planes de emergencia de abastecimiento indican la necesidad inmediata de reforzar la garantía ante posibles sequías prolongadas en esta misma década.	**Alta** – Proveer agua potable es prioridad absoluta en planificación hidrológica. Su garantía está ligada a la seguridad ciudadana, la salud y el desarrollo económico; por tanto, este impacto es de máxima importancia estratégica.

Cód	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AU2	**Incremento de la demanda de agua potable** (más consumo urbano por olas de calor, etc.)	**Media** – Un mayor consumo tensiona las reservas y puede obligar a trasvases o sobreexplotar fuentes, afectando también a otros usuarios (riego, caudales ecológicos). Sin embargo, el efecto cascada es principalmente en la competencia por el recurso entre sectores y territorios.	**Media** – Puede agravar situaciones de escasez y generar déficit estructural si la infraestructura no acompaña. No causa daños directos, pero sí eleva costes (más desalación, bombeos) y riesgo de desabastecimiento en eventos extremos.	**Alta** – Altamente probable. Con temperaturas al alza, se proyecta mayor uso de agua en verano (riego de jardines, refrigeración, consumo personal). Ya se observa tendencia de aumento de demanda en olas de calor.	**Alta** – Especialmente en zonas urbanas costeras y del sur donde el clima será más cálido y la población aumenta en verano (turismo). No obstante, todas las ciudades verán cierto aumento estival.	**Media** – Depende de la eficiencia y hábitos: ciudades con políticas de ahorro y nuevas tecnologías pueden mitigar. En general, hay margen de adaptación (reducción de consumos per cápita), por lo que vulnerabilidad es moderada.	**Media** – El alza es gradual; se puede gestionar con planificación (campañas de ahorro, tarifas). No es tan urgente como la falta de recurso, pero sí conviene anticiparse para evitar picos insostenibles en años secos.	**Media-alta** – Es importante porque la gestión de la demanda es pilar de la adaptación; sin embargo, comparado con otros impactos, un aumento de consumo es abordable con medidas de eficiencia. Estratégicamente, influye en dimensionar infraestructuras futuras y acuerdos de uso del agua.
AU3	**Deterioro de la calidad del agua bruta para potabilización** (fuentes de agua más contaminadas o turbias dificultan el tratamiento)	**Media** – Si el agua de entrada a plantas potabilizadoras viene con algas, sedimentos o contaminantes emergentes, puede comprometer el suministro o exigir parar plantas, lo cual impacta directamente a población e industrias abastecidas. Efecto en cascada moderado pero crítico localmente (necesidad de buscar fuentes alternativas).	**Media-alta** – Cianotoxinas, turbidez extrema o contaminación química pueden dejar sin suministro temporalmente a ciudades o requerir avisos de no beber el agua. Esto supone un riesgo sanitario y logístico importante.	**Media-alta** – Probable. Más algas por eutrofización (ver SW5), más turbidez por tormentas (SW4) y contaminantes emergentes concentrados (SW2, SW6) son escenarios verosímiles con clima cambiante. De hecho, ya ha habido cierres temporales de captaciones por mala calidad post-lluvias intensas.	**Media** – Afectará sobre todo a sistemas abastecidos de embalses superficiales en cuencas agrícolas (por nutrientes) o torrenciales (por turbidez). Los abastecimientos de aguas subterráneas o embalses de montaña se verán menos afectados.	**Media** – Las ETAP modernas pueden tratar variabilidad moderada, pero son vulnerables a parámetros extremos (ej. turbidez > NTU de diseño, toxinas no filtrables sin carbón activado). Muchas instalaciones no están preparadas para condiciones de agua bruta muy degradada.	**Media-alta** – Con eventos extremos en aumento, conviene actualizar sistemas pronto. No es un problema constante aún, pero los picos de mala calidad pueden ocurrir cualquier año (ej. inundación), así que urge mejorar resiliencia operativa de plantas.	**Alta** – Garantizar agua potable segura es estratégico; si la calidad de fuentes empeora, se requieren inversiones en tratamiento. Un fallo en potabilización afecta salud pública rápidamente, por lo que su importancia es alta en planificación.

Cód	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AU4	**Estrés en las redes de saneamiento y drenaje urbano** (incapacidad de alcantarillado pluvial y sanitario ante lluvias intensas o sequías)	**Media** – Las lluvias torrenciales sobrepasan los drenajes, causando inundaciones urbanas que dañan bienes, tráfico y pueden colapsar servicios (efecto en cascada en movilidad y economía urbana). En sequía, baja fluencia puede producir atascos y malos olores, afectando habitabilidad local.	**Media** – Inundaciones urbanas súbitas pueden ser peligrosas (arrastre de vehículos, anegamiento de bajos) pero suelen ser acotadas; daños económicos locales notables. El estrés en saneamiento en sequía es menos severo (problemas de higiene menores). En conjunto, un impacto de severidad media salvo casos extremos.	**Alta** – Muy probable. Se espera aumento de precipitaciones torrenciales de corto plazo, especialmente en el Mediterráneo, que superarán la capacidad de desagüe. Varias ciudades españolas ya sufren estos eventos casi cada año.	**Media-alta** – Las grandes ciudades costeras (Barcelona, Valencia, Málaga) y otras con sistemas antiguos combinados son las más expuestas. Zonas urbanas con pendiente y suelo impermeable (muchas urbes) también.	**Media-alta** – Muchas ciudades tienen redes de drenaje antiguas o insuficientes; y la urbanización ha reducido infiltración. Por tanto, son bastante vulnerables a lluvias intensas. Pocas han adaptado completamente su drenaje al nuevo régimen (aunque se está trabajando).	**Alta** – Ya vivimos estos eventos (inundaciones urbanas en Valencia 2022, Cartagena 2019...). Con tendencias al alza, es imperativo actuar ya en drenaje sostenible y renovación de alcantarillado.	**Media-alta** – Importante para la resiliencia urbana: inundaciones frecuentes minan la economía y bienestar urbano. Si bien compite con otros asuntos, la adaptación de ciudades (SUDS, planes drenaje) es prioritaria en políticas actuales.
AU5	**Daños en los servicios del ciclo urbano del agua por inundaciones** (ETAPs, EDARs, estaciones de bombeo anegadas)	**Media-alta** – Cuando una planta de tratamiento o bombeo se inunda, interrumpe el servicio de agua o saneamiento a poblaciones enteras; esto obliga a emergencias (camiones cisterna, vertidos sin tratar) con impactos en salud pública y ambiental, además de socioeconómicos (paralización de actividad en zonas afectadas).	**Alta** – Si instalaciones críticas fallan, los daños son severos: población sin agua potable ni saneamiento por días, con riesgo de enfermedades; vertido de aguas residuales crudas al medio; costosas reparaciones de equipos. Ejemplo: inundaciones que dejan sin abastecimiento a barrios enteros.	**Media** – Posible en eventos extremos. Muchas instalaciones están en cotas bajas (cerca de ríos o costa) y podrían anegarse con una crecida extraordinaria o tsunami. Ha ocurrido en otros países; en España hay antecedentes locales de EDAR inutilizadas tras riadas. Dado el aumento de extremos, la probabilidad sube, aunque sigue siendo de caso excepcional.	**Media** – Localizado: solo sufrirán este impacto instalaciones en zonas inundables. No es generalizado geográficamente, pero sí puede pasar en cualquier cuenca donde la planta esté mal emplazada respecto al riesgo.	**Media** – Depende de las protecciones actuales: algunas plantas críticas tienen diques o planes de contingencia (baja vulnerabilidad), otras no. En general, la vulnerabilidad es moderada; se conoce el riesgo y suele haber cierta preparación, pero no en todos sitios.	**Media** – No ha sido frecuente históricamente, por lo que la urgencia de refuerzo específico es media. Sin embargo, dado que los eventos extremos aumentan, es prudente revisarlo ya. Pero urgencias mayores (sequía, inundaciones urbanas) han acaparado más la atención inmediata.	**Alta** – La continuidad de los servicios de agua es estratégica; si se interrumpen, el impacto social es muy alto. Por tanto, proteger instalaciones frente a eventos extremos es de gran importancia en planes de adaptación, aunque a nivel nacional no sea tan visible como otros problemas.

Cód	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AU6	**Problemas de salud pública asociados al agua** (enfermedades hídricas, golpes de calor por escasez, proliferación de vectores en aguas estancadas)	**Media** – Enfermedades gastrointestinales por agua contaminada, legionela por estancamiento en redes, o más mosquitos (dengue, etc.) por charcas tras inundaciones pueden incidir en la población. La propagación puede extenderse en comunidades y requerir respuesta sanitaria, pero no suele trascender a escala nacional simultáneamente.	**Media** – Posibles brotes localizados de infecciones (ej. gastroenteritis por fallo en potabilización, casos de dengue o malaria autóctona si vectores proliferan). También impactos indirectos: peor higiene por restricciones de agua, aumentando riesgo de enfermedades. En general, severidad moderada si el sistema sanitario responde bien.	**Media** – Factible. El agua más cálida y variable aumenta estos riesgos: ej. tras inundaciones se reportan infecciones; las olas de calor unidas a escasez de agua agravan problemas sanitarios. No es seguro que ocurran brotes graves, pero la probabilidad de eventos menores va en ascenso.	**Media** – Podría ocurrir en distintas regiones, pero de forma puntual: un brote aquí, otro allá. No es un efecto uniforme nacional, sino dependiente de coyunturas (p.ej. inundación en zona X → brote X).	**Media** – España tiene buena infraestructura de salud pública y agua potable, reduciendo la vulnerabilidad. Aun así, comunidades pobres o rurales con abastecimientos precarios son vulnerables; también tras desastres la vulnerabilidad sube (campamentos, etc.).	**Media** – De momento no es muy acuciante (no se han dado brotes graves salvo incidentes aislados). Pero conviene vigilar a medida que el clima se torna más propicio a vectores y fallos de agua, e ir fortaleciendo la resiliencia sanitaria.	**Alta** – Proteger la salud es prioritario; aunque el riesgo general es moderado, estratégicamente debe considerarse alto porque cualquier amenaza a la salud pública requiere máxima atención preventiva en las políticas (PNACC enfatiza la salud como ámbito clave).

Agricultura, ganadería y suelos

El sector agroganadero español, por su dependencia climática, se cataloga como altamente vulnerable al cambio climático. Los cultivos de secano ya experimentan reducciones de rendimiento por la disminución de lluvias y aumento de calor, con pérdidas severas en años secos recientes. En 2022, por ejemplo, la cosecha de cereal cayó drásticamente por la sequía. Del mismo modo, el regadío enfrenta un doble reto: menos agua disponible (restricciones crecientes en varias cuencas) y mayor demanda de riego por evapotranspiración aumentada. Esto anticipa conflictos en repartos de agua e insostenibilidad de ciertos cultivos intensivos sin adaptación. La evidencia apoya estas tendencias: se prevén pérdidas en producción agrícola en el sur de Europa por escasez hídrica y el propio gobierno español identifica la agricultura como un ámbito crítico con riesgos en cascada sobre seguridad alimentaria y economía rural. Asimismo, el calentamiento facilita la expansión de plagas y enfermedades antes limitadas; ya se ha detectado la llegada de vectores exóticos y patógenos (como *Xylella* en levante). Esto compromete la sanidad vegetal y aumenta costos, mereciendo la valoración alta en probabilidad y severidad. En ganadería, las olas de calor han causado mortalidad de pollos y cerdos en granjas mal acondicionadas, y las dehesas sufren estragos en secanos prolongados (falta de pastos, ganaderos forzados a vender reses).

Particular mención merece la degradación del suelo: con menos vegetación protectora por sequía y más eventos extremos, la erosión avanza. España, con dos terceras partes del territorio en riesgo de desertificación, ve este problema como muy severo y estratégico, dado que la pérdida de suelo fértil es prácticamente irreversible y compromete la productividad futura. En efecto, el PNACC subraya la prevención de la desertificación como prioridad nacional.

En conjunto, la agricultura y ganadería españolas constituyen un nudo crítico de la adaptación: no solo aportan al PIB y empleo rural, sino que de ellas dependen otros sectores (industria alimentaria) y equilibrios territoriales. Por ello, se han evaluado la mayoría de estos impactos con niveles altos en *propagación, severidad, probabilidad y urgencia*. La necesidad de medidas (nuevos cultivos, eficiencia, seguros, manejo de suelos) es inmediata para salvaguardar la viabilidad de este sector bajo un clima cada vez más adverso.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AG1	**Mayor estrés hídrico en cultivos de secano** (lluvias insuficientes para cultivos no irrigados)	**Media-alta** – Las cosechas de secano fallidas reducen oferta de alimentos (cereales, oliva, viñedo) y rentas rurales, impactando la economía agraria y precios; puede requerir importaciones (efecto en cadena en mercado alimentario).	**Alta** – Sequías intensas pueden provocar pérdidas de producción >50% en secano, con efectos socioeconómicos graves en regiones enteras (paro rural, abandono de tierras). Además, agrede al paisaje tradicional (dehesas, secanos cerealistas).	**Alta** – Muy probable. Los modelos proyectan disminución de lluvia y más olas de calor, lo que casi con certeza aumentará la frecuencia de años malos en secano. Ya se observan rendimientos decrecientes en cereal por sequía.	**Alta** – Amplia: la mayor parte de la superficie cultivada española es de secano (cereal, viñedo, olivar de secano) y está expuesta en zonas semiáridas extensas (Castilla-La Mancha, Andalucía, Aragón, etc.).	**Alta** – Estos sistemas son intrínsecamente vulnerables a la lluvia: sin riego, dependen totalmente del clima. Poca capacidad adaptativa actual salvo rotaciones o barbechos. Factores como suelos pobres aumentan la vulnerabilidad.	**Alta** – Tras los últimos años secos (2017, 2019, 2023) con pérdidas enormes, es urgente desarrollar variedades resistentes y planes de seguro/adaptación ya. Cada nueva sequía deja al sector más tocado, pidiendo acción inmediata.	**Alta** – Estratégicamente clave: el secano aporta alimentos básicos, mantiene empleo rural y paisaje. Su declive por clima compromete la seguridad alimentaria y equilibrios territoriales, siendo de alta prioridad política.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AG2	**Reducción de la garantía de suministro del regadío** (menos agua disponible para riego)	**Alta** – Si falta agua para riego, caen rendimientos en cultivos intensivos (frutales, hortalizas), afectando exportaciones y agroindustrias. También provoca tensiones entre regantes y otros usos (ambientales, urbanos).	**Alta** – En casos extremos, se pierden cosechas enteras de regadío de alto valor (miles de millones € en fruta, verdura); comunidades de regantes entran en crisis económica y social. Puede derivar en abandono de cultivos e incremento del paro agrario.	**Alta** – Muy probable en cuencas con escasez creciente. Ya en 2022/23 hubo recortes de dotación drásticos (p.ej. Guadalquivir al 30%). Con recursos a la baja (H1) y demanda al alza (AG3), es casi seguro que la garantía de riego empeore sin adaptación (https://climatica.coop/espana-afronta-141-riesgos-climaticos/).	**Alta** – Regadíos de todo el país, pero especialmente zonas con aguas reguladas insuficientes (Guadalquivir, Segura, Júcar). Muchas de las 3,8 millones ha de regadío en España podrían sufrir restricciones.	**Media-alta** – Pese a modernizaciones, el regadío sigue dependiendo de asignaciones fijas; pocos tienen alternativas (desalación, pozos) a gran escala. Por tanto, vulnerabilidad significativa, aunque algo menor que secano gracias a embalses y tecnología de ahorro.	**Alta** – La crisis hídrica para regadío ya está aquí (2022 fue crítica). Sin cambios, en el próximo quinquenio se consolidarán recortes. Urge replanificar cultivos y eficiencia ahora, para evitar colapsos productivos en el corto plazo.	**Alta** – El regadío es motor económico (España es potencia hortofrutícola). Su viabilidad es asunto estratégico alimentario y de exportaciones. La reducción de suministro amenaza ese pilar, justificando alta prioridad en políticas de adaptación (Plan Nacional de Sequías, etc.).
AG3	**Incremento de la demanda de riego** (cultivos requieren más agua por calor y evapotranspiración creciente)	**Media-alta** – Más demanda implica extraer más agua (si disponible) en detrimento de otros usos o del caudal ecológico, pudiendo generar conflictos intersectoriales y entre cuencas. Además, aumenta el consumo energético para bombeo (nexo agua-energía).	**Media** – Si hay agua disponible, la mayor demanda se traduce en mayor coste (más riego suplementario, pozos más profundos); si no la hay, contribuye a la sobreexplotación. El daño directo es sobre la sostenibilidad de recursos; socioeconómicamente es moderado salvo en escenarios de déficit absoluto (AG2).	**Alta** – Seguro. Con temperaturas más altas, *se espera mayor evapotranspiración y consumo hídrico de los cultivos*. Estudios proyectan aumentos significativos en necesidades de riego en el sur de Europa incluso bajo +1.5°C.	**Alta** – En todas las zonas regables, especialmente en climas cálidos (Sur, Levante). Afecta prácticamente a todo el regadío español, aunque en diferente grado según cultivo (más en hortícolas y frutales de verano).	**Media** – Muchos sistemas de riego ya son eficientes (goteo) pero están al límite; no tienen margen para aumentar dotaciones sin dañar otros usos. La vulnerabilidad técnica es media (se puede optimizar algo), pero climática alta.	**Media-alta** – El aumento es paulatino, pero ya visible; las comunidades de regantes notan que deben regar más tiempo. A corto plazo hay algo de resiliencia con gestión, pero en 10-15 años sin medidas puede hacerse insostenible. Empezar ya a ajustarse es prudente.	**Media-alta** – Es importante porque eleva la presión sobre recursos hídricos, interfiriendo con objetivos ambientales y abastecimiento. Estratégicamente, la adaptación de cultivos a menos agua disponible es fundamental. Aun así, es un impacto manejable con planificación (reducción de superficie, variedades), de ahí su valor medio-alto.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AG4	**Cambios en la idoneidad de cultivos y en los calendarios agrícolas** (zonas que dejan de ser aptas para ciertos cultivos; épocas de siembra/cosecha alteradas)	**Media** – Requiere adaptación agronómica y de mercado: agricultores cambiando cultivos o adelantando/atrasando siembras. Esto repercute en las cadenas de suministro (ej. diferentes fechas de cosecha afectan precios, logística) y en denominaciones de origen/localidades especializadas que pueden perder su base productiva.	**Media** – La severidad varía: algunos cultivos tradicionales (ej. viñedos en ciertas zonas) pueden volverse inviables, con impacto socioeconómico en esas comarcas. Otros cambios son manejables (introducir variedades más resistentes). En global, un daño moderado, pero con casos localmente serios (pérdida de identidad agrícola regional).	**Alta** – Muy probable. Ya se observan vendimias adelantadas ~2-3 semanas por calor, y olivar en secano con rendimientos en retroceso. Estudios proyectan desplazamiento de zonas óptimas de cultivos hacia el norte/altitud con el calentamiento (beneficios en norte, pérdidas en sur).	**Alta** – Extenso: la mayoría de regiones agrícolas se verán afectadas de algún modo (unas ganan aptitud para nuevos cultivos, otras la pierden). En especial, el sur peninsular puede perder aptitud para cultivos exigentes (maíz, remolacha) y el norte ganar para viñedo, etc.	**Media** – La agricultura española ha mostrado capacidad de adaptación (introducción de nuevos cultivos, variedades) – vulnerabilidad moderada. Pero ciertos sistemas tradicionales (ej. secano cerealista o viñedo de secano) tienen menos flexibilidad, siendo más vulnerables.	**Media** – Cambio gradual pero inexorable; hay tiempo relativo para adaptarse (próximas décadas), aunque conviene empezar ya con investigación y reconversión progresiva. Urgencia media.	**Media** – Importancia media: se trata de reconfigurar sectores agrarios con apoyo político (PAC, etc.). Puede afectar economías locales, pero a escala país es un reajuste manejable con planificación (no amenaza seguridad alimentaria directa).
AG5	**Proliferación de plagas, malas hierbas y enfermedades** (por condiciones más benignas para vectores y patógenos; menos heladas)	**Media-alta** – Impacto transversal: plagas pueden diezmar cosechas, obligando a más uso de pesticidas (impacto ambiental) y afectando rendimientos. Esto repercute en precios de alimentos y en la rentabilidad del sector, pudiendo a la vez generar problemas sanitarios si son zoonosis que saltan a humanos.	**Media-alta** – Ejemplos de severidad: la *Xylella fastidiosa* dañando olivos/almendros, la expansión de mosca de la fruta arruinando frutas, o nuevas malas hierbas resistentes. Pérdidas económicas fuertes y mayor dependencia de agroquímicos.	**Alta** – Muy probable. Climas más cálidos facilitan que plagas subtropicales sobrevivan invierno y se expandan. Ya hay evidencias: procesionaria del pino subiendo altitud, vector del virus lengua azul extendiéndose más al norte, etc. Se espera incremento claro de incidencia de plagas con cambio climático.	**Alta** – En prácticamente todo el territorio agrario, aunque cada zona con sus plagas específicas. La cuenca mediterránea sufrirá más plagas típicas de climas cálidos, pero incluso la cornisa cantábrica verá aparecer patógenos antes limitados por el frío.	**Media-alta** – Muchos cultivos hoy dependen de fitosanitarios; si aparecen plagas nuevas, la vulnerabilidad es alta en monocultivos no acostumbrados a ellas. Sistemas diversos o tradicionales pueden resistir algo mejor. En general, la capacidad de respuesta existe (productos nuevos) pero con costes.	**Media-alta** – Ya se están detectando nuevas plagas/enfermedades (ej. el cotonet de Sudáfrica en cítricos). La urgencia es alta para mejorar vigilancia y control integrados, aunque la aparición es paulatina, cada año una novedad.	**Media-alta** – Importante porque amenaza la productividad agrícola y la sanidad vegetal, ámbitos cruciales para la economía y exportaciones españolas. La protección fitosanitaria es estratégica para garantizar cultivos; no obstante, comparado con sequía su visibilidad es menor, aunque convergen como factor de riesgo alimentario.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AG6	**Impactos en la producción ganadera intensiva** (estrés por calor en granjas, menor productividad)	**Media** – La ganadería intensiva (porcina, avícola) aporta a la industria alimentaria; el estrés térmico reduce su conversión alimenticia, lo que puede encarecer producción. Indirectamente, puede afectar precios cárnicos y requiere más energía (ventilación, refrigeración), impactando también emisiones.	**Media** – Golpes de calor pueden causar mortandad en granjas mal climatizadas (ha habido casos en olas de calor). En general, disminuyen fertilidad y crecimiento, bajando la producción (leche, carne, huevos). Son pérdidas económicas para productores, pero no críticas a nivel país salvo eventos severos.	**Alta** – Altamente probable. España ya experimenta veranos que ponen a prueba las granjas (≥40°C). Sin adaptación, se verán reducciones productivas cada verano y posibles mortalidades. Es prácticamente seguro con el incremento térmico.	**Alta** – Donde se concentran granjas intensivas: Valle del Ebro, interior de Cataluña, Castilla y León, sureste. Estos lugares alcanzan altas temperaturas. En mayor o menor medida, toda explotación intensiva sin climatización suficiente es susceptible.	**Media** – Muchas granjas ya han implementado ventilación y sistemas de refrigeración, reduciendo vulnerabilidad. Sin embargo, instalaciones antiguas o al aire libre (cebaderos extensivos) son muy vulnerables.	**Media** – Problema creciente pero abordable en el corto plazo con inversión en climatización. Urgencia moderada: importante adaptarse antes de las olas de calor cada verano, pero se puede hacer con medidas conocidas.	**Media** – Importancia media: mantener la industria ganadera es relevante, pero, dado que puede adaptarse con tecnología, no alcanza la criticidad de otros impactos. Eso sí, tiene implicaciones en bienestar animal y economía rural, mereciendo atención en políticas sectoriales.
AG7	**Impactos en la producción ganadera extensiva** (menor pasto por sequía, falta de agua para el ganado, eventos extremos)	**Media** – Las dehesas y sistemas extensivos sufren en sequía (hay que comprar forraje, reducir cabaña). Esto afecta la economía rural y gestión de montes (más riesgo de incendios por menos ganado pastando). Puede influir en precios de ciertos productos (carne de vacuno extensivo).	**Media-alta** – En sequías severas muere ganado por falta de agua o alimentación, y muchos ganaderos se ven abocados al sacrificio de parte de la cabaña. Puede llevar al abandono de la actividad en zonas marginales, con pérdida cultural y aumento de combustible vegetal (más incendios).	**Alta** – Muy probable. Ya en 2017 y 2022 muchos pastos se secaron totalmente, obligando a medidas de emergencia. Con más sequías prolongadas, estas situaciones serán frecuentes.	**Alta** – Zonas extensivas de toda España: dehesas de Extremadura/Andalucía, pastos de montaña en verano (Pirineos, Cordillera Cantábrica). La sequía afecta a la gran mayoría de áreas ganaderas extensivas del país en algún grado.	**Alta** – Alta vulnerabilidad: estos sistemas dependen del pasto natural, sin riego posible. La capacidad adaptativa es limitada (solo caben reducciones de carga ganadera o suplementar, con altos costes). Tras varias sequías seguidas, la resiliencia se agota.	**Alta** – Es ya urgente; muchas explotaciones extensivas están en crisis por la sucesión de años secos. Sin apoyo y adaptación (bajar cargas, diversificar) en lo inmediato, corren peligro de desaparecer en algunas zonas.	**Alta** – Estratégicamente, la ganadería extensiva contribuye a la gestión del territorio (evitar incendios, fijar población). Su declive tendría impactos ambientales y socioeconómicos importantes. Por ello, su adaptación es prioritaria en el PNACC (considerada altamente vulnerable).

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AG8	**Daños agrícolas por eventos hidrometeorológicos extremos distintos de la sequía** (granizo, tormentas, heladas tardías, riadas)	**Media** – Eventos como granizadas o inundaciones afectan cosechas localmente, pudiendo arruinar producciones en una comarca. Impactan la economía local y cadenas de suministro concretas (ej. una DANA arrasa hortalizas de una vega), pero no suelen tener efecto macroeconómico nacional salvo que se encadenen muchos.	**Media** – Pueden ser muy destructivos localmente: granizo puede perder el 100% de la cosecha en minutos; inundaciones aplastan cultivos; heladas inesperadas dañan frutales en flor. Sin embargo, la severidad a escala nacional es mitigada por seguros agrarios y diversificación geográfica.	**Alta** – Se prevé mayor intensidad de tormentas convectivas (granizo grande) y lluvias torrenciales, así como mayor variabilidad térmica (riesgo de heladas tras días cálidos). Por tanto, es muy probable que aumenten estos eventos dañinos puntuales.	**Media-alta** – Regional: comarcas hortofrutícolas (Levante, Valle del Ebro) son propensas a granizo; vegas fluviales a inundaciones; frutales tempranos (C. Valenciana, Aragón) a heladas tardías. Distintos impactos en diferentes zonas, cubriendo en conjunto buena parte del país agrícola.	**Media** – Los agricultores tienen cierta resiliencia vía seguros y técnicas (mallas antigranizo, etc.), pero no en todos lados. Sistemas intensivos suelen estar asegurados (baja vulnerabilidad financiera), extensivos menos.	**Media** – Siempre ha sido un riesgo manejado con seguros; la urgencia adicional es moderada. Sin embargo, eventos más extremos pueden sobrepasar coberturas, por lo que conviene reforzar prevención y seguros a medio plazo.	**Media** – Gracias a seguros y ayudas, este impacto está parcialmente controlado en política. Es importante pero no tanto como sequía para la estrategia global agraria. No obstante, un aumento sostenido de eventos podría tensionar el sistema de seguros, volviéndolo más relevante estratégicamente.
AG9	**Pérdida de fertilidad o erosión de suelos** (degradación de suelos agrícolas por sequía, lluvias torrenciales e incendios)	**Alta** – Suelos erosionados reducen la productividad agrícola a largo plazo, afectando la seguridad alimentaria y la resiliencia frente al clima. Además, la erosión acarrea sedimentación de embalses (SW4, ECS8) y desertificación, con efectos ambientales y socioeconómicos amplios (abandono rural, dust bowls).	**Alta** – España ya tiene 74% del territorio vulnerable a la desertificación (https://climatica.coop/espana-afronta-141-riesgos-climaticos/). La pérdida de suelo fértil es un daño prácticamente irreversible en tiempos humanos. Afecta no solo al agro, también a ecosistemas y asentamientos (colapsos, polvo). Es de las consecuencias más graves a largo plazo.	**Alta** – Muy probable. El clima más seco y caliente acelera la descomposición de materia orgánica y reduce la vegetación protectora, facilitando erosión. Lluvias torrenciales barren suelos descubiertos post-sequía/incendio. Sin mitigación, la pérdida de suelos se incrementará significativamente.	**Alta** – Extenso: cuencas del sureste y valle del Ebro ya sufren erosión severa; también laderas de zonas semiáridas. Prácticamente en todas las zonas agrícolas de secano y forestales degradadas se espera algún grado de empeoramiento.	**Alta** – Muchas áreas ya tienen suelos empobrecidos y sin cubierta vegetal en verano; altísima vulnerabilidad a la erosión. La capacidad de regeneración natural es baja en climas áridos.	**Alta** – Ya está en curso; cada año de sequía vemos suelo perdido. Es imperativo actuar ya en conservación de suelos (cubiertas vegetales, terrazas) porque luego es tarde.	**Alta** – La protección del suelo es estratégica para la sostenibilidad agraria y ambiental. La desertificación amenaza la habitabilidad y productividad futura del territorio español, por lo que su relevancia estratégica es máxima (prioridad destacada en PNACC).

Energía e industria

Los impactos climáticos en energía e industria están ligados sobre todo a la disponibilidad de agua y a eventos extremos. La hidroenergía sufrirá una merma notable: informes prevén reducciones significativas de producción en el Mediterráneo por la caída de caudales. Esto tiene implicaciones en el sistema eléctrico – España ya notó en 2019-2020 cómo la baja hidráulica elevó los precios de la luz. Asimismo, las centrales térmicas y nucleares enfrentan riesgos de refrigeración: en veranos secos, los ríos pueden no aportar suficiente agua o esta puede estar demasiado caliente para enfriar las plantas sin rebasar límites ambientales. Francia vivió esto en 2019 y España podría replicarlo en zonas como el Tajo o Ebro (Trillo, Ascó). De hecho, el nexo agua-energía se destaca como vulnerabilidad en el perfil español. Por otro lado, eventos extremos (inundaciones, incendios) amenazan infraestructuras críticas: la tormenta Gloria dañó redes eléctricas en Cataluña, y los incendios veraniegos ponen en peligro líneas de alta tensión. Estos impactos son de *propagación alta*, pues una caída de la red eléctrica afecta a todos los sectores (transporte, comunicaciones, hogares).

En la industria, el principal factor es la escasez de agua para procesos. En sequías extremas, podría restringirse suministro a zonas industriales tras asegurar población y agricultura prioritarias. Sectores como la alimentación, química o textil podrían verse forzados a recortes productivos. Aunque hasta ahora esto no ha sido generalizado, es un escenario posible con estrés hídrico creciente. Cabe señalar que la planificación hidrológica española ya considera otorgar prioridad alta al uso industrial tras el abastecimiento, mitigando algo la vulnerabilidad.

Finalmente, en cuanto a nuevas soluciones energéticas: la producción de biomasa y biocombustibles depende de recursos naturales (bosques, cultivos) susceptibles al clima (incendios, sequía). También el incipiente sector del hidrógeno verde requerirá agua en abundancia para electrolisis. Si no se planifica con fuentes no convencionales (reutilización o desalación), el clima podría limitar su expansión. Si bien estos impactos se valoran hoy moderados por la poca implantación actual, *a futuro cobran relevancia* en la estrategia de descarbonización.

En suma, los criterios tienden a valorarse altos en probabilidad y severidad para la hidroeléctrica y la vulnerabilidad del *nexo agua-energía*, y altos en importancia dada la criticidad de la energía para la sociedad. Los impactos industriales se valoran algo menores, con importancia media, salvo en casos muy específicos. Las evidencias (como la fuerte interdependencia agua-energía destacada por el PNACC y las proyecciones de AR6) refuerzan estas evaluaciones.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
EI1	**Disminución de la producción hidroeléctrica** (menos generación por caudales reducidos)	**Alta** – La menor hidroeléctrica debe compensarse con otras fuentes (gas, nuclear), afectando al mix eléctrico y precios, con efecto sistémico en toda la economía. Puede obligar a importar energía o quemar más combustibles (impacto en emisiones).	**Alta** – En años secos recientes, la generación hidroeléctrica española cayó hasta un 40%, encareciendo notablemente la electricidad y reduciendo la seguridad de suministro en picos. Si se vuelve crónico, supone pérdida de un recurso energético barato y gestionable.	**Alta** – Muy probable. Con caudales y embalses menguantes por cambio climático, la capacidad media de generación hidroeléctrica anual descenderá de forma sostenida. Ya en AR6 se prevé menor potencial hidro en el Mediterráneo.	**Alta** – Afecta a todas las cuencas con embalses hidroeléctricos (Duero, Tajo, Ebro, Guadiana, etc.). España entera notará la merma en su sistema eléctrico, aunque las plantas en el norte (más lluvia) sufrirán menos que las del sur.	**Media** – Cierta resiliencia: el parque hidro tiene margen de operación y se priorizará generar en horas punta. Pero si falta agua, no hay sustituto directo; vulnerabilidad moderada a fuerte en sequías plurianuales.	**Media** – Problema creciente pero progresivo. No exige acción de emergencia inmediata, pero sí planificar a medio plazo el mix energético considerando menos hidro.	**Alta** – La hidroeléctrica es estratégica para la regulación de la red (almacenamiento). Su declive reduce flexibilidad frente a demanda punta. Aunque se puede suplir con otras fuentes, se pierde soberanía energética renovable; es importante en planificación.
EI2	**Limitaciones en la refrigeración de centrales térmicas e industriales** (por falta de agua o agua demasiado caliente)	**Media** – Centrales nucleares o térmicas que no puedan refrigerar deben reducir potencia, pudiendo comprometer la estabilidad de la red en picos de demanda, lo que afectaría a consumidores y sector productivo. También en industria (refinerías, siderúrgicas) la falta de agua de enfriamiento puede forzar paradas.	**Media-alta** – Un ejemplo: en 2017 la nuclear de Trillo redujo carga por caudal bajo del río. Si varias plantas se limitan simultáneamente en ola de calor, hay riesgo de apagones parciales. Económicamente, paros industriales por refrigeración implican grandes pérdidas de producción.	**Media-alta** – Bastante probable. Ríos con menor caudal y más calor verán temperaturas por encima de límites de vertido, obligando a recirculación o parada. Ha ocurrido en Europa (Francia) y es previsible en España en veranos extremos.	**Media** – Plantas concretas: nucleares en Tajo, Ebro; térmicas e industrias en cuencas pequeñas. No es generalizado geográficamente, pero las afectadas son críticas para el sistema.	**Media** – Las centrales cuentan con planes de calor, pero no están totalmente a salvo si el río baja mucho. Vulnerabilidad moderada; suelen tener cierto margen (embalses de reserva, torres refrigeración).	**Media** – Por ahora manejable con gestión puntual, pero conforme suban extremos se vuelve más apremiante garantizar refrigeración. Urgencia media: conviene empezar adaptación (sistemas cerrados, torres) antes de que ocurra un incidente mayor.	**Alta** – Mantener la generación y la industria operativa es estratégico. Cualquier factor que las limite (como falta de agua) adquiere alta relevancia. Por eso, aunque localizado, se debe tratar como prioridad en seguridad energética/industrial.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
EI3	**Daños en infraestructuras energéticas por eventos extremos** (líneas eléctricas, oleoductos, etc., afectados por riadas, vientos, incendios)	**Media-alta** – Tormentas e inundaciones pueden tumbar torres eléctricas, cortar suministro a amplias zonas (apagones). Incendios dañan postes y cableado. Esto afecta transversalmente a todos los sectores que dependen de la energía y comunicaciones (efecto cascada considerable).	**Media-alta** – Ya se han visto apagones significativos por DANA (ej. en Murcia 2019). Un evento severo puede dejar sin luz a cientos de miles, con daños económicos y potencial riesgo civil (falta de calefacción/refrigeración, parálisis de transportes). Sin embargo, suelen reponerse en días, no es devastador a largo plazo.	**Media-alta** – Probable. Se esperan temporales más intensos, crecidas récord y mega incendios – todos con capacidad de dañar infraestructuras. Las estadísticas indican aumento de incidencias climáticas en redes europeas.	**Alta** – Puede ocurrir en cualquier región según el fenómeno (vientos fuertes en costas, riadas en cuencas, incendios en bosques con líneas). En conjunto, toda la geografía tiene algún tipo de exposición.	**Media** – Las infraestructuras están diseñadas con cierto margen y se reparan relativamente rápido. Aun así, vulnerabilidad existe, sobre todo en instalaciones antiguas o mal mantenidas.	**Media-alta** – Vistos los eventos recientes, es urgente reforzar algunas infraestructuras críticas (p.ej. enterrar líneas sensibles) antes de que ocurran fallos mayores.	**Alta** – La resiliencia de la red energética es estratégica nacionalmente. Este impacto es de alta importancia, reflejado en planes de adaptación sectoriales por la potencial cascada de consecuencias.
EI4	**Afectación de la producción industrial por escasez de agua** (fábricas que reducen producción por falta de agua de proceso)	**Media** – Industrias que consumen mucha agua (alimentaria, textil, papelera) podrían ver restringido su acceso en sequía, frenando producción. Ello repercute en la cadena de suministro (menos productos, posible ERTEs) y en la economía local. A escala macro, solo sectores puntuales sufrirían, no toda la industria.	**Media** – Reducciones de producción implican pérdidas económicas locales, pero la severidad nacional es limitada salvo en polos industriales muy dependientes de agua (ej. refinerías, químicas). Pudiera implicar pérdida de competitividad internacional de esas plantas.	**Media** – Posible en escenarios de sequía muy extrema. Por ahora, incluso en sequías graves, se prioriza el agua industrial tras abastecimiento. Sin embargo, con estrés hídrico mayor podría darse (ya en 2022 algunas industrias redujeron turnos por ahorro de agua).	**Media** – Acotado a zonas industriales sin fuentes alternativas: p.ej. cuencas interiores pequeñas (Guadiana alto), donde una papelera o alimentaria compite con riego y urbano. Polígonos costeros pueden paliar con desaladoras, etc.	**Media** – Muchas industrias han mejorado eficiencia y tienen planes de contingencia, no son totalmente vulnerables. Aun así, instalaciones sin reciclaje interno o dependientes de caudal de ríos pequeños están expuestas.	**Media** – No es inminente a gran escala, pero conviene anticipar en planes de cuenca. Urgencia moderada: enfocada en zonas con alerta de abastecimiento industrial.	**Media** – Importancia media: mantener la actividad industrial es crucial, pero este impacto se circunscribe a sectores específicos. Con buena gestión de recursos, se puede atenuar. Estratégicamente, es relevante asegurar agua a industrias clave para la economía local.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
EI5	**Impacto en la bioenergía y nuevos sistemas energéticos** (disponibilidad de biomasa, biocombustibles, hidrógeno verde condicionados por agua)	**Media-baja** – Si cultivos energéticos o biomasa forestal disminuyen por sequía, afecta la planificación de energías renovables emergentes, pero de momento son parte pequeña del mix. El hidrógeno verde requiere mucha agua para electrólisis; en estrés hídrico podría limitar proyectos, con cierto efecto en la transición energética.	**Media-baja** – La severidad directa es limitada pues aún son sectores incipientes. Sin embargo, a largo plazo, si la escasez de agua impide escalar biocombustibles o hidrógeno, podría ralentizar objetivos climáticos y obligar a importarlos (impacto estratégico moderado).	**Media** – Hipotético. Depende de cuánto apueste España por estas tecnologías y de las mejoras en eficiencia hídrica. Podría ser un problema si en el futuro muchas plantas de hidrógeno compiten por agua, algo aún por ver.	**Media** – Localizado donde se planten biocombustibles (de momento, poca superficie) o donde se proyecten polos de hidrógeno (probablemente costa con desalación). La extensión sería baja.	**Media** – La vulnerabilidad se puede mitigar desde el diseño (usar agua reutilizada o desalinizada para hidrógeno, etc.). Por ahora, es manejable.	**Baja** – A corto plazo no es prioritario; hay tiempo de sobra para planificar estos sistemas con disponibilidad de agua en mente.	**Media-baja** – De menor importancia estratégica inmediata, dado que el grueso del sector energético no depende de estos subsectores hoy. No obstante, en visión de futuro, asegurar agua para la transición energética (hidrógeno, biorefinerías) es un tema a considerar en políticas integradas.

Ocio, turismo y patrimonio natural vinculado al agua

El clima condiciona fuertemente las actividades de ocio y turismo relacionadas con el agua, así como el disfrute del patrimonio natural hídrico. En España, ya se reportan impactos como la degradación del Mar Menor por episodios de anoxia (relacionados con calor y escorrentías), que han afectado su uso recreativo y turístico. Los informes resaltan que la intensificación de eventos extremos incrementa el riesgo de inundaciones en áreas mediterráneas, lo cual puede golpear destinos turísticos (ej. la riada de 2023 en Valencia afectó zonas turísticas). Asimismo, las olas de calor cada vez más intensas pueden tornar incómoda la temporada alta de verano en ciertas regiones. El IPCC señala que el sur de Europa sufrirá mayores necesidades de refrigeración, y esto se traduce en posibles cambios de comportamiento turístico (viajeros que eligen meses menos cálidos). De hecho, ya se observa cierta tendencia a adelantar o retrasar vacaciones fuera de picos de calor. Esto tiene implicaciones para la planificación del sector, aunque es un fenómeno aún emergente.

Por otro lado, la pérdida de caudal en ríos y embalses reduce oportunidades de turismo activo (piragua, rafting) y deja imágenes poco atractivas (p.ej. embalses medio vacíos en plena temporada). Junto con la posible proliferación de algas o patógenos (vinculada a calidad, como *Vibrio* en aguas cálidas), podría afectar a la calidad de las experiencias de baño y recreo, aunque hasta ahora España mantiene estándares altos de calidad en la mayoría de sus playas (gracias a saneamiento y renovación marina). No obstante, en aguas continentales cerradas, ya se han dado cierres temporales por cianobacterias en algunos embalses recreativos durante olas de calor.

En cuanto al patrimonio natural escénico, cascadas emblemáticas o lagunas de alto valor cultural (por ej. Fuente Dé o las Tablas de Daimiel) ven mermado su esplendor con menos agua, afectando tanto al ecosistema como al turismo asociado. Este es un impacto menos cuantificable económicamente pero importante desde la perspectiva de pérdida de valor natural. El PNACC y la evaluación ERICC mencionan que la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos puede generar impactos en cascada, incluyendo en sectores como turismo de naturaleza.

En conjunto, se ha evaluado estos impactos con severidades y probabilidades medias a altas, y propagación generalmente limitada (afectan sobre todo a las comunidades locales y sector turismo, no a toda la economía). La importancia estratégica varía: es alta cuando consideramos el turismo global (dada su aportación al PIB), pero individualmente estos impactos son manejables con adaptación (el turismo puede ajustar calendarios, diversificar ofertas). Sin embargo, son aspectos cruciales para regiones específicas cuyo sustento depende de un atractivo natural o de una temporada concreta, por lo que localmente revisten gran importancia. Integrar estos riesgos en la planificación hidrológica – coordinada con planificación turística y ambiental – ayudará a proteger tanto los ecosistemas asociados al agua como las actividades económicas que de ellos dependen.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
RE1	**Deterioro de la calidad de aguas de baño y recreo** (playas, ríos)	**Media** – Cierres de playas o embalses por mala calidad (algas tóxicas, bacterias) afectan al turismo local y ocio ciudadano, con pérdidas económicas en destinos puntuales. No suele tener mayores efectos sistémicos.	**Media** – Puede causar problemas de salud (infecciones cutáneas, gastrointestinales) y dañar la imagen turística de ciertos destinos si ocurre frecuentemente. Aun así, la severidad global es moderada, circunscrita a experiencias de bañistas y rentas locales.	**Media-alta** – Probable. El calentamiento del agua favorece patógenos marinos como *Vibrio*, ya registrados en Europa, y proliferación de medusas o algas en playas. En aguas continentales, más eutrofización y cianobacterias pueden prohibir el baño en embalses.	**Media** – Local: zonas costeras poco renovadas (marismas, rías) y embalses concurridos son más propensas. No todo el litoral ni todos los ríos se verán igual; será en sitios específicos (p.ej. Mar Menor, ciertas playas tras lluvias).	**Media** – Playas turísticas suelen tener vigilancia sanitaria (menos vulnerables, se reabren rápido). Más vulnerables son aguas recreativas interiores donde es difícil controlar algas/patógenos una vez presentes.	**Media** – De momento, incidentes esporádicos. Si aumentan, habrá que actuar (mejor depuración, alertas). No es urgente nacionalmente, pero debe monitorearse cada temporada.	**Media** – Importancia moderada: incide en turismo (sector clave) pero salvo casos excepcionales no amenaza su conjunto. Eso sí, para destinos concretos (p.ej. balnearios de interior, Mar Menor) es crítico mantener la calidad del agua, por lo que tiene peso estratégico regional.
RE2	**Reducción de caudales y niveles en ríos y embalses** (afectando actividades recreativas: piragüismo, navegación, pesca deportiva)	**Media-baja** – Menos agua para recreo impacta principalmente a empresas turísticas locales y usuarios recreativos. Poca propagación más allá del sector turismo/rural local, aunque puede disminuir ingresos municipales en zonas de turismo activo.	**Media** – Ciertas actividades podrían cesar (ej. rafting en ríos secos, pantanos inutilizables para navegación). Pérdidas económicas para negocios de ocio y deterioro del atractivo natural. Sin embargo, no es un daño grave a gran escala, sino en economías de nicho.	**Alta** – Muy probable. Ya muchos ríos llevan mínimos históricos en verano por la sequía, afectando deportes de aguas bravas. Embalses vacíos (2022, 2023) dejaron puertos deportivos en seco. Estas situaciones serán cada vez más comunes con el descenso hídrico proyectado.	**Alta** – Generalizado: afecta cuencas de toda España, con mayor incidencia en mediterráneas. La mayoría de los destinos de turismo fluvial o de embalse experimentarán menor caudal/nivel en veranos futuros, limitando las temporadas.	**Media-alta** – Pueblos que diversificaron en turismo activo (rafting, pesca) tienen vulnerabilidad alta (no hay alternativa si no hay agua). Regiones con embalses para recreo también (sus inversiones turísticas dependen del agua).	**Alta** – Ya está ocurriendo (veranos sin apenas descensos de ríos navegables, embalses por debajo del 30%). Es urgente replantear esas ofertas turísticas o adaptarlas, pues en el corto plazo la situación puede empeorar súbitamente en una sequía.	**Media** – Aunque localmente importante, a escala nacional el turismo de agua dulce es un segmento menor. Su afectación es relevante para diversificación rural, pero no al nivel del turismo de sol y playa. Aun así, en contexto de desarrollo rural merece atención para apoyar alternativas.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
RE3	**Pérdida de atractivos naturales vinculados al agua (cascadas, lagunas…)**	**Media** – Menos cascadas o lagunas secas reducen el atractivo turístico de ciertos parajes, afectando economías locales (guías, restaurantes). Propagación limitada al sector turístico local y al patrimonio natural/cultural.	**Media** – Para destinos que basan su atractivo en un elemento hídrico (p.ej. nacimientos de río, cascadas famosas), la pérdida de ese elemento resta gran parte del valor. Puede implicar disminución notable de visitantes y, por ende, ingresos. Sin embargo, no es severo en términos absolutos salvo para comunidades muy dependientes.	**Alta** – Muy probable. Ya hay cascadas que pasan secas gran parte del año o lagunas estacionales más tiempo sin agua. Con menos lluvia, muchos de estos hitos naturales perderán su esplendor con alta frecuencia.	**Media-alta** – Varias comunidades: ejemplo, los Ojos del Guadiana secos, cascadas en cuencas del Duero o Tajo reducidas, humedales esteparios permanentemente secos. Muchas regiones tienen algún enclave así susceptible.	**Media** – La vulnerabilidad varía: algunas atracciones tienen regulaciones (embalses que aseguran caudal mínimo a cascadas), otras dependen 100% de la naturaleza. Estas últimas son altamente vulnerables.	**Media** – Es un cambio paulatino; en la última década ya se notó en ciertos lugares. No es urgencia vital, pero para conservar esos valores se requerirían acciones de restauración en próximos años.	**Media-baja** – A escala estratégica nacional, es un impacto de orden secundario (patrimonial/paisajístico). No obstante, localmente puede suponer la desaparición de un reclamo turístico importante. Desde el punto de vista cultural y ambiental, tiene importancia en la conservación del patrimonio natural.
RE4	**Alteraciones en la temporada turística por clima extremo** (veranos demasiado calurosos, eventos extremos que acortan temporadas)	**Media-alta** – Cambios en el flujo turístico afectan al sector servicios de muchas regiones. Si turistas evitan pleno verano por calor o riesgo de incendios, se desplaza la demanda a otras temporadas o destinos (efecto económico en cadena en hostelería, transporte).	**Media** – Podría reducir ingresos en destinos tradicionales de verano si estos se vuelven menos agradables. No obstante, algunos impactos son compensables (turismo se desplaza temporalmente). Podría aumentar costes (más aire acondicionado, adaptar horarios) y generar saturación en otras épocas.	**Media-alta** – Probable. Ya se observan comportamientos: olas de calor intensas en el Mediterráneo hacen que turistas busquen refugio o viajen antes/después. Las proyecciones indican veranos más tórridos que pueden sobrepasar la tolerancia de muchos visitantes. Eventos como las DANA en septiembre también pueden mermar el turismo.	**Alta** – Amplio: todo destino de sol y playa en España, que es base de la industria turística, se verá afectado de algún modo por el calor creciente. También destinos de interior (ciudades históricas) en olas de calor extremas.	**Media** – El sector turístico tiene cierta adaptabilidad (puede promocionar primavera/otoño, por ejemplo), pero está muy arraigado al verano. Además, muchos negocios pequeños no tienen estructura para variaciones bruscas (vulnerabilidad moderada).	**Media** – Se empieza a notar, pero gradualmente. No es una crisis inmediata, aunque conviene prepararse diversificando oferta fuera de verano.	**Alta** – Dado que el turismo representa ~12% del PIB español, cualquier alteración en sus patrones es de alta importancia. Adaptar el modelo turístico al nuevo clima (más resiliente a extremos) es estratégico para la economía nacional.

Acuicultura y Pesca Continental

Se identifican varios riesgos del cambio climático sobre la acuicultura marina y continental, con impacto sobre todo local y regional, pero con probabilidad alta de intensificación. El descenso del rendimiento acuícola se valora de impacto medio, pero con severidad y probabilidad altas por el efecto ya observable del aumento de temperatura, las olas de calor, las sequías y los daños en infraestructuras (jaulas, bateas), que incrementan mortalidades y costes y obligan a adaptar o desplazar explotaciones. La intrusión salina en deltas y estuarios se considera de impacto moderado a escala país, pero potencialmente catastrófico a escala local, al poder inutilizar suelos y áreas de cultivo en un contexto de ascenso del nivel del mar y menores caudales fluviales.

En aguas continentales, el riesgo más crítico es el cambio en las poblaciones de peces nativos, con severidad, probabilidad, extensión, vulnerabilidad y urgencia altas por la combinación de calentamiento, sequías, estratificación de embalses y presiones previas (barreras, contaminación, especies exóticas), que puede llevar a extinciones locales y pérdida de funciones ecosistémicas. La aparición de nuevas enfermedades y parásitos en sistemas de cría tiene un carácter más sectorial, con severidad y probabilidad medio-altas, pero extensión limitada, al concentrarse en explotaciones concretas con altas densidades, baja diversidad genética y brechas de bioseguridad; se subraya una urgencia medio-alta de reforzar vigilancia, bioseguridad e I+D para reducir la magnitud de futuros brotes.

Cód.	Impacto	Propagación	Severidad	Probabilidad	Extensión	Vulnerabilidad	Urgencia	Importancia
AC1	**Descenso del rendimiento de la acuicultura por condiciones adversas**	**Media** – El menor rendimiento acuícola impacta sobre todo a nivel local-regional (comunidades costeras/rurales) y en la disponibilidad de algunos productos, con efectos en cadena moderados sobre otros sectores.	**Media-Alta** – Puede causar pérdidas notables de biomasa y rentabilidad. Las olas de calor ya provocan mortalidades y estrés, reduciendo la producción; y los temporales dañan jaulas/bateas y elevan costes operativos.	**Alta** – Muy probable que se intensifique: proyecciones indican aguas más cálidas, más olas de calor y sequías en España. Con alta certeza, estas condiciones seguirán y empeorarán.	**Media** – Exposición focalizada en zonas con acuicultura: áreas costeras (Galicia, litoral mediterráneo; mejillón, ostra, dorada, lubina...) y sistemas continentales concretos (truchicultura en ríos fríos y estanques).	**Media-Alta** – Muchas explotaciones usan especies sensibles a temperatura y calidad del agua y tienen poco margen de adaptación rápida, lo que incrementa la vulnerabilidad.	**Media-Alta**. – Riesgo gradual pero ya visible; urge adaptar. En años muy cálidos o secos se han registrado mortalidades por temperaturas Altas y déficit de oxígeno.	**Media** – Sector estratégico por empleo, economía local y alimentos, aunque de peso moderado en el PIB y el empleo agroalimentario. Relevante para seguridad alimentaria y desarrollo rural.

AC2	**Intrusión salina y cambios en estuarios que afectan cultivos marinos**	**Media** – Impactos ambientales con efectos en cadena principalmente locales-regionales: pérdida de hábitat y servicios, salinización de recursos, desplazamiento/reubicación de cultivos y efectos socioeconómicos en comunidades pesqueras y agrícolas si no se gestiona coordinadamente.	**Media-Alta** – Localmente puede ser catastrófica: inutiliza tierras y zonas acuícolas, causa mortalidades y cambios económicos duraderos. Riesgo de baja reversibilidad; sin medidas, deltas como el Ebro podrían degradarse/hundirse. Agregado nacional moderado.	**Alta** – Ascenso del mar (50–60 cm a 2100) y menores caudales por sequía/evaporación intensificarán y prolongarán la cuña salina; ya se observan intrusiones relevantes (p. ej., Ebro en sequías). Tendencia con alta certeza.	**Media-baja** – Focalizada en deltas y estuarios vulnerables (Ebro, Guadalquivir, otros). Superficie reducida, pero con ecosistemas y actividades muy sensibles (marisqueo, acuicultura, arroz); la mayor parte del litoral se ve poco afectada.	**Alta** – Sistemas frágiles por regulación, déficit de sedimentos y subsidencia; acuíferos ya salinizados y defensas insuficientes. Escasa capacidad de reubicación; pequeños cambios en nivel/caudal provocan intrusiones notables.	**Media** – Proceso gradual pero potencialmente irreversible: urge planificar ahora (sedimentos, restauración, barreras) para evitar pérdidas permanentes en próximas décadas. Permite respuestas escalonadas, pero no posponer esta década.	**Media-baja** – Impacto local/sectorial que no compromete pilares nacionales del agua; estratégico por el valor único de deltas/estuarios y actividades asociadas. Alta relevancia regional (Ebro, Doñana); prioridad para conservar servicios y valores culturales.
AC3	**Cambios en las poblaciones de peces continentales**	**Media** – Impacto sobre todo ecológico: desequilibrios tróficos y pérdida de servicios (p. ej., control de plagas, calidad del agua). Efectos socioeconómicos acotados (pesca recreativa/local), con costes de conservación puntuales.	**Alta** – Riesgo de pérdidas irreversibles de especies endémicas y degradación funcional de ríos; los hábitats dulces concentran más extinciones locales por cambios climático. Casos como el salmón cantábrico y endemismos mediterráneos lo evidencian; probable homogenización faunística.	**Alta** – Ya se observan desplazamientos altitudinales/latitudinales; IPCC proyecta más calor, sequías y olas de calor que reducirán hábitat y aumentarán estrés e invasoras. Impactos graduales y episodios agudos muy probables.	**Alta** – Prácticamente todas las cuencas expuestas; mayor intensidad en zonas mediterráneas, pero también en cantábricas/pirenaicas por veranos más cálidos. Embalses más estratificados y bajadas de nivel amplían la exposición; tendencia generalizada en ríos ibéricos.	**Alta** – Poblaciones ya presionadas (extracciones, contaminación, barreras, exóticas) con baja resiliencia; ejemplos críticos como el salmón del Bidasoa. Especies de arroyos temporales muy sensibles; conectividad limitada y gestión adaptativa aún incipiente.	**Alta** – Impactos presentes y ventana corta para evitar extinciones locales; riesgo de muy baja reversibilidad. Priorizar ya restauración, refugios térmicos y caudales ecológicos antes de nuevos veranos extremos.	**Media** – Aunque el peso económico es menor, es estratégico para objetivos de conservación, servicios ecosistémicos y salud de masas de agua; indicador de degradación ambiental con implicaciones para otros usos. Relevante, pero por debajo de agua/energía.

AC4	**Nuevas enfermedades y parásitos en sistemas de cría**	**Media - baja**. Impacto mayormente sectorial; efectos en cadena limitados. Puede afectar fauna silvestre cercana y generar costes/ restricciones comerciales, pero rara vez escala a crisis nacionales.	**Media - Alta**. Brotes pueden causar 50–100% de mortalidad y pérdidas económicas graves, especialmente en pequeñas explotaciones; control difícil (vaciados, tratamientos). Magnitud país amortiguada por la compartimentación.	**Media - Alta**. Aguas más cálidas y sequías favorecen patógenos y vectores; ya emergen enfermedades en latitudes altas. Alta confianza en más episodios, con incertidumbre sobre patógenos concretos.	**Media - baja**. Exposición centrada en granjas (bateas, piscifactorías, alevinajes) de varias comunidades autónomas; efectos especie-dependientes y colaterales locales en fauna silvestre. Nichos concretos, aunque casi todas las explotaciones son potencialmente vulnerables.	**Alta**. Densidades altas, baja diversidad genética y agua compartida facilitan transmisión; brechas de bioseguridad y escasez de vacunas. Casos recientes: VNN en dorada, *L. garvieae* en lubina. Capacidad adaptativa aún incipiente (mejora genética, vigilancia, coordinación).	**Media - Alta**. Riesgo ya activo y de aparición súbita; urge reforzar bioseguridad, vigilancia y I+D de vacunas. Retrasos elevan la probabilidad y severidad de brotes pese a cierta capacidad de respuesta.	**Media - baja**. Relevante para seguridad alimentaria regional y “enfoque de salud única” (evitar uso excesivo de antibióticos / resistencia a los antimicrobianos y raras zoonosis), pero sin comprometer pilares nacionales; contribuye a proteína sostenible con menor escala que agricultura/ganado.

Conclusiones

En resumen, la aplicación de criterios cualitativos de evaluación evidencia que todos los impactos identificados revisten algún grado de relevancia en la planificación hidrológica adaptativa en España, si bien con distintos matices:

- Impactos relacionados con la **disponibilidad de agua** (recursos hídricos superficiales y subterráneos) obtienen sistemáticamente valoraciones **altas** en severidad, probabilidad, urgencia e importancia estratégica. La reducción de recursos por cambio climático es prácticamente un *hecho cierto* en las próximas décadas, y amenaza pilares básicos como el abastecimiento, la agricultura y los ecosistemas acuáticos.
- En cuanto a **calidad del agua**, se perfila también como un ámbito crítico, con valoraciones altas en probabilidad y severidad para aspectos como la concentración de contaminantes, eutrofización e incumplimiento de objetivos ambientales. El cambio climático actuará como *multiplicador de riesgos existentes* (p. ej. contaminación difusa, sobreexplotación), exacerbando problemas de calidad ya presentes.
- Los impactos sobre **ecosistemas acuáticos** y biodiversidad alcanzan igualmente niveles altos, en particular porque muchos de ellos son irreversibles (extinción de especies, degradación de humedales) y tienen efecto cascada sobre servicios ecosistémicos fundamentales]. España, por su alta biodiversidad, enfrenta aquí un reto estratégico de conservación.
- Los **riesgos sistémicos** asociados a eventos extremos (sequías e inundaciones) obtienen las máximas valoraciones en casi todos los criterios. Son riesgos de naturaleza transversal, capaces de producir daños catastróficos, y cuya *gestión integrada* es prioritaria en políticas nacionales.
- En sectores socioeconómicos clave (agua urbana, agricultura, energía, turismo), los impactos analizados muestran en su mayoría **alta probabilidad** de intensificarse con el clima futuro, y pueden comprometer la seguridad hídrica, alimentaria y energética si no se adoptan medidas de adaptación robustas. El Plan Nacional de Adaptación 2021-2030 ya identifica al agua, agricultura y energía entre los ámbitos de trabajo prioritarios, y los resultados aquí expuestos reafirman esa priorización mediante evidencia cualitativa y bibliográfica.

En este ejercicio se ha justificado cada evaluación con referencias a fuentes autorizadas: desde los informes del IPCC AR6 (que aportan el contexto científico global) hasta estudios nacionales recientes como el informe ERICC-2025 y el PNACC 2021-2030. Todas coinciden en la gravedad de los riesgos climáticos hídricos en España, subrayando **mensajes clave**:

- El **sur de Europa** (y en particular España) ya sufre impactos hídricos significativos y está entre las regiones más afectadas por **sequías, olas de calor e incendios**.
- A futuro, se proyectan **impactos muy negativos en recursos hídricos, agricultura y salud en regiones del sur**, con aumento de la **escasez de agua** y de los **eventos extremos**.
- Se requieren **acciones urgentes de adaptación integradas en la planificación hidrológica**: mejoras en gestión de sequías e inundaciones, conservación de ecosistemas, aumento de la eficiencia y diversificación de fuentes, entre otras.

La matriz cualitativa elaborada aporta una visión estructurada de qué impactos necesitan mayor atención (los de valor “Alta”) y por qué, orientando así la toma de decisiones. Por ejemplo, confirma la necesidad de priorizar medidas contra la sequía prolongada (riesgo crítico), contra la intrusión salina en acuíferos costeros (irreversible), o para reforzar la resiliencia del regadío y del abastecimiento urbano (alta vulnerabilidad actual). Del mismo modo, identifica impactos de importancia quizá más *local* o de largo plazo (p.ej. alteraciones en el turismo de baño, o nuevos riesgos como patógenos emergentes) que, sin ser los más apremiantes ahora, deben incorporarse en estrategias de seguimiento y adaptación gradual.

En conclusión, el análisis cualitativo muestra un panorama de riesgo climático alto para el agua en España, con múltiples impactos valorados en niveles de Alta o Media-alta en dimensiones clave. Esto refleja tanto la robustez de las evidencias científicas recopiladas (alta confianza en que el cambio climático intensificará esos impactos) como la necesidad de acciones adaptativas proporcionales.

Anejo 6. Indicadores de exposición y vulnerabilidad

Metodología general para la evaluación del riesgo

La metodología empleada sigue el enfoque general propuesto en la OECC, basado en el marco conceptual del IPCC (AR5–AR6), alineado con la propuesta de ESPON-CLIMATE. El análisis se estructura en tres componentes: Peligro (P), Exposición (E) y Vulnerabilidad (V), valoradas mediante un indicador o un conjunto de indicadores representativos. En el caso de la vulnerabilidad, puede utilizarse un indicador capaz de integrar simultáneamente la sensibilidad y la capacidad adaptativa o una combinación de ambas dimensiones.

El objetivo es disponer de información geográfica continua, homogénea y comparable para los tres componentes del riesgo. Para ello se han integrado diversas fuentes de información, originalmente heterogéneas en formato, escala y resolución, que se transforman posteriormente a una malla común. El proceso se ha desarrollado en las siguientes fases:

- **Sistema de proyección**: Todos los datos se transforman a ETRS89 / UTM Zone 30N (EPSG: 25830). Esta proyección es la recomendada para análisis cartográficos de precisión en España.
- **Rasterización**: cuando las tres componentes del riesgo presentan resoluciones espaciales diferentes, es necesario unificarlas para calcular un ráster de Riesgo coherente. Al decidir la resolución de trabajo se persiguieron tres objetivos: (1) evitar la generación de una falsa granularidad espacial a partir de datos que no la poseen; (2) minimizar la propagación de errores al elevar o reducir resoluciones; y (3) optimizar el coste computacional. Dado que el propósito principal del estudio es evaluar el impacto del cambio climático sobre la intensidad del peligro, por defecto se ha adoptado como resolución de análisis la resolución original del ráster de Peligro. Esta decisión prioriza la fidelidad de la componente climática en la que se centra el estudio y evita introducir información artificialmente fina o gruesa en dicha variable.
- **Reescalado**: Las tres componentes del riesgo (Peligro, Exposición y Vulnerabilidad) presentan unidades, rangos y distribuciones distintas. Para hacerlas comparables y permitir su combinación en un índice común, cada ráster se reclasifica en cinco categorías ordinales. El reescalado se realiza aplicando cortes basados en cuantiles (0–20–40–60–80–100%). Este procedimiento divide la distribución de cada variable en cinco intervalos que contienen aproximadamente el mismo número de celdas, evitando que variables con escalas muy amplias o con valores fuertemente concentrados dominen el resultado final. De esta forma, se garantiza una clasificación equilibrada y coherente desde el punto de vista espacial y estadístico. Las categorías resultantes representan niveles crecientes de intensidad y se etiquetan de la siguiente forma: 1-Muy Bajo, 2-Bajo, 3-Medio, 4-Alto y 5-Muy Alto. Este enfoque permite integrar las tres variables en un índice de riesgo final mediante operaciones matemáticas combinadas, manteniendo la comparabilidad y la consistencia conceptual entre ellas.
- **Cálculo del riesgo Total**: El riesgo total se calcula como una combinación ponderada de las tres componentes: [R = P * CPP * NCP + E * CPE * NCE + V * CPV * NCV]
  - **CP. Coeficiente de ponderación**: el CP define el peso relativo que se asigna a cada una de las tres componentes del riesgo climático (P, E y V). Su valor puede oscilar entre 0 y 1, y la suma de los tres debe ser igual a 1. Por defecto, cuando no existe un criterio que justifique una ponderación diferenciada, se asigna el mismo peso a cada componente (CP = 1/3). La elección de los coeficientes de ponderación puede basarse en criterios como (i) relevancia teórica de cada componente en el tipo de impacto evaluado, (ii), evidencia empírica disponible sobre los factores que más contribuyen al riesgo (iii), requisitos normativos o metodológicos establecidos por organismos oficiales, (iv), juicio experto fundamentado en estudios previos o análisis sectoriales.
  - **NC. Nivel de confianza**: el Nivel de Confianza (NC) permite ponderar cada componente del riesgo (P, E y V) en función de la incertidumbre asociada a sus datos de entrada, a las metodologías de cálculo aplicadas, y a las proyecciones de cambio climático. Su objetivo es ajustar la influencia de cada ráster en el

resultado final cuando su calidad, resolución o cobertura no son equivalentes. Los valores de NC oscilan entre 0 (ausencia de confianza) y 1 (confianza máxima). Cuando no existe base suficiente para discriminar entre componentes, se asigna un valor por defecto de 1 en cada componente, equivalente a suponer el máximo nivel de fiabilidad para P, E y V.

- Para escenarios históricos y actuales, se consideran los siguientes criterios, con su peso relativo:
  - Cobertura espacial: grado en que los datos cubren homogéneamente el área de estudio (0.25)
  - Calidad de la fuente: nivel de fiabilidad y oficialidad de la fuente (institucional, validada, modelada) (0.25)
  - Resolución espacial: adecuación de la resolución original a la malla usada en el análisis (0.15)
  - Consistencia temporal: longitud, continuidad y coherencia temporal de las series de datos (0.10)
  - Incertidumbre de proyección: considera el horizonte temporal, reflejando la fiabilidad relativa (0.25)

- **Cálculo del Nivel de Confianza**: el NC de cada componente (NCi) se obtiene como la suma ponderada de las puntuaciones de cada criterio. La inclusión del NC, junto con los coeficientes de ponderación (CP), permite construir un índice de riesgo más transparente, porque documenta la fiabilidad de cada componente, más adaptable, porque se puede actualizar si se incorporan nuevas fuentes y más robusto, porque reduce la influencia de datos con baja calidad.
- **Clasificación final:** cada ráster resultante (Peligro (P), Exposición (E), Vulnerabilidad (V) y Riesgo Final (R)) se clasifica en cinco niveles ordinales que permiten interpretar de forma homogénea la intensidad relativa del fenómeno representado. La clasificación asigna a cada celda un valor discreto entre 1 y 5, con la siguiente equivalencia semántica: 1-Muy Bajo, 2-Bajo, 3-Medio, 4-Alto y 5-Muy Alto. Esta categorización se obtiene aplicando un sistema basado en cuantiles (cuantiles al 20%), de modo que cada clase contiene aproximadamente el mismo número de celdas. Este enfoque permite una comparación equitativa entre áreas heterogéneas y favorece la representatividad estadística, especialmente en variables con distribuciones fuertemente asimétricas.
- **Nivel de Confianza del Riesgo Total:** El NC total del riesgo combina los NCi de cada componente con los coeficientes de ponderación (CP) asignados a cada componente. Se presentan dos métricas complementarias:
  - **Opción A: Media ponderada (NC promedio)**: refleja la fiabilidad media ponderada por la importancia de cada componente.

    $$\mathrm{NC}_{total} = \sum_i CP_i \times NC_i$$

  - **Opción B: Propagación conservadora de incertidumbres (RMS ponderada):** penaliza la presencia de componentes con baja confianza. Se transforma NCi en incertidumbre ui = 1 – NCi y se calcula la incertidumbre combinada. Esta opción produce valores más conservadores de manera que si una componente tiene un NC bajo y un peso alto, el NC total disminuye significativamente.

    $$U_{comb} = \sqrt{\sum_i (CP_i \cdot u_i)^2}, \quad NC_{total} = 1 - U_{comb}$$

A efectos de este estudio, y dado que en todos los riesgos analizados se han asignado coeficientes de ponderación similares a las tres componentes, se ha optado por calcular un único nivel de confianza del riesgo total mediante la opción A (media ponderada), al considerarse suficiente y coherente para la comparación entre riesgos.

Criterios para la selección de indicadores de riesgo

La selección de los indicadores empleados en la evaluación de los distintos riesgos se ha realizado atendiendo a un conjunto de criterios metodológicos comunes, con el objetivo de garantizar la coherencia interna del análisis, su reproducibilidad a escala nacional y su aplicabilidad en escenarios futuros de cambio climático.

Dado el carácter del estudio y su vocación de servir como marco común de evaluación del riesgo, la elección de indicadores no se ha basado exclusivamente en su potencial explicativo teórico, sino en su viabilidad operativa, su disponibilidad espacial y su capacidad de integración en un esquema de análisis homogéneo.

Principios generales de selección

Los indicadores seleccionados para cada componente del riesgo (P, E y V) cumplen, de manera conjunta, los siguientes criterios:

- **Disponibilidad de información georreferenciada a escala nacional**: todos los indicadores utilizados proceden de fuentes oficiales o consolidadas que ofrecen cobertura completa del territorio nacional, permitiendo un análisis continuo y evitando discontinuidades territoriales o sesgos administrativos.
- **Compatibilidad espacial y posibilidad de integración ráster**: los indicadores han sido seleccionados atendiendo a su capacidad para ser transformados en capas ráster continuas o binarias, compatibles con una malla espacial común. Este requisito es esencial para la combinación coherente de los componentes del riesgo y para su representación cartográfica.
- **Replicabilidad metodológica**: se han priorizado indicadores cuya obtención y tratamiento pueda reproducirse de manera sistemática para distintos riesgos, ámbitos territoriales o actualizaciones temporales, evitando variables altamente específicas, no estandarizadas o dependientes de información ad hoc.
- **Robustez conceptual y vínculo directo con el riesgo analizado**: cada indicador mantiene una relación clara y directa con el fenómeno de riesgo evaluado, representando de forma sintética procesos físicos, sociales o económicos relevantes para la generación del impacto.
- **Escalabilidad temporal y disponibilidad de proyecciones futuras**: en el caso del componente de peligro, se ha considerado de forma prioritaria la existencia de datos proyectados bajo escenarios de cambio climático, permitiendo la evaluación del riesgo en horizontes temporales futuros.

Enfoque centrado en peligros climáticos

La selección de indicadores de peligro se ha limitado exclusivamente a aquellos que caracterizan el peligro de origen climático y su evolución futura, con el fin de aislar y hacer comparable el incremento del riesgo atribuible al cambio climático. Al mismo tiempo, se reconoce que, en muchos riesgos, concurren factores no climáticos de naturaleza social, económica, territorial o de gestión, que pueden actuar como detonantes o amplificadores del daño.

Como consecuencia, el mapa final de riesgo puede diferir del que cabría esperar si se integraran esos factores no climáticos, discrepancia que puede hacerse más patente cuando se contrasta con cartografía de impactos observados (riesgo materializado). Esto es especialmente evidente, por ejemplo, en incendios, donde el clima condiciona la peligrosidad meteorológica pero la ocurrencia y severidad dependen también de igniciones, combustible, interfaz urbano-forestal y capacidad de respuesta, o en el estado de las aguas, donde la señal climática interactúa con presiones antrópicas y condiciones de partida. La integración de estos peligros adicionales es técnicamente viable mediante la incorporación de indicadores específicos y podría abordarse en futuros ciclos si se considera conveniente, pero no se ha incluido en esta primera generación para mantener la “pureza climática” y la consistencia metodológica del ejercicio.

Consideración temporal de los componentes del riesgo

En la evaluación de los riesgos climáticos se ha considerado explícitamente la evolución futura del componente de peligro, incorporando variables climáticas e hidrológicas proyectadas bajo distintos escenarios de cambio climático. Esta aproximación es coherente con el carácter dinámico del clima y con la disponibilidad de información robusta y homogénea a escala nacional para horizontes futuros.

Sin embargo, los componentes de exposición (E) y vulnerabilidad (V) se han tratado como estáticos, representativos de una situación de referencia reciente, sin incorporar su posible evolución futura. Esta decisión responde a criterios metodológicos y prácticos bien definidos:

- En la actualidad apenas existen proyecciones futuras sistemáticas, homogéneas y georreferenciadas de exposición y vulnerabilidad a escala nacional comparables en calidad y cobertura a las proyecciones climáticas.
- La evolución de la exposición y la vulnerabilidad depende en gran medida de factores socioeconómicos, territoriales y de gobernanza, sujetos a alta incertidumbre y difícil modelización espacial coherente.
- Mantener la exposición y la vulnerabilidad constantes permite aislar el efecto del cambio climático sobre el riesgo, facilitando la interpretación de los resultados y la comparación entre escenarios.

Este enfoque es habitual en evaluaciones de riesgo climático a gran escala y resulta especialmente adecuado cuando el objetivo es identificar tendencias relativas y áreas potencialmente más sensibles al incremento del peligro climático.

Posibles extensiones futuras

Desde un punto de vista conceptual, la metodología es plenamente compatible con la incorporación de escenarios futuros de exposición y vulnerabilidad, en caso de que se dispusiera de información adecuada. Algunas posibles extensiones serían:

- **Escenarios de evolución de la exposición**, incorporando cambios en: distribución de la población, usos del suelo y expansión urbana, intensificación o abandono de actividades económicas y agrarias, etc.
- **Escenarios de vulnerabilidad**, considerando cambios demográficos (envejecimiento, despoblación, distribución de rentas), mejora o deterioro de infraestructuras y sistemas de gestión, medidas de adaptación planificadas o implantadas, etc.
- **Evaluación de riesgos futuros** mediante la combinación coherente de: peligro proyectado, exposición y vulnerabilidad dinámicas y diferentes trayectorias socioeconómicas (enfoques tipo SSP).

La incorporación de estas dimensiones permitiría avanzar hacia una **evaluación dinámica del riesgo**, más cercana al concepto de riesgo futuro total. No obstante, mientras no se disponga de datos fiables y comparables, el enfoque adoptado representa un equilibrio adecuado entre rigor metodológico, reproducibilidad y utilidad para la planificación estratégica.

Justificación de la selección frente a indicadores alternativos

Si bien existen múltiples indicadores potencialmente válidos para caracterizar los distintos componentes del riesgo, muchos de ellos presentan limitaciones operativas que dificultan su uso en un marco nacional homogéneo. Entre las principales restricciones consideradas destacan:

- Falta de cobertura territorial completa o resolución heterogénea.

- Ausencia de series temporales suficientemente largas.
- Imposibilidad de proyección futura consistente.
- Dependencia de información local no sistematizada.
- Dificultad para su integración espacial con otros componentes del riesgo.

En este contexto, los indicadores finalmente seleccionados representan un equilibrio entre rigor técnico, viabilidad operativa y aplicabilidad práctica, priorizando aquellos que permiten construir una base metodológica sólida y coherente, aun a costa de renunciar a variables más específicas que solo estarían disponibles en ámbitos territoriales concretos.

Flexibilidad y posibilidad de mejora del esquema de indicadores

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

En este sentido, los indicadores utilizados deben entenderse como variables sustitutivas robustas, adecuadas para un análisis estratégico a gran escala, pero susceptibles de ser sustituidos o complementados por variables más detalladas en estudios de ámbito regional, local o sectorial, sin alterar la estructura conceptual del modelo de riesgo.

SW7. Empeoramiento del estado de las masas de agua superficiales (DMA)

El riesgo por empeoramiento del estado de las masas de agua superficiales se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E) y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** se ha caracterizado mediante un **indicador compuesto**, calculado a **escala de cuenca vertiente** a las masas de agua superficiales, que integra tres variables climáticas e hidrológicas clave relacionadas con los procesos de deterioro del estado ecológico y químico.

Las fuentes de información utilizadas han sido el modelo SIMPA (CEDEX) y productos climáticos procedentes de AdapteCCa, para el periodo 1980–2023. Todas las variables se han reproyectado y armonizado a una resolución espacial de 500 × 500 m.

Para su integración con el resto de componentes del riesgo, el indicador de peligro se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

- Componentes del indicador combinado**:**
  - Aportaciones: controlan la capacidad de dilución, renovación y transporte de contaminantes, así como el régimen hidrológico de las masas de agua, por lo que constituyen el factor dominante del peligro.
  - Temperatura máxima: influye directamente en procesos biogeoquímicos (metabolismo, solubilidad del oxígeno, eutrofización) y en el estrés térmico de los ecosistemas acuáticos.
  - Precipitación máxima: representa el papel de los eventos extremos, que incrementan la escorrentía superficial y la carga de contaminantes difusos hacia las masas de agua.

  En coherencia con esta relevancia relativa, se han asignado las siguientes ponderaciones: aportaciones (0,60), temperatura máxima (0,20) y precipitación máxima (0,20).
- Procedimiento de cálculo:
  - Para cada cuenca hidrográfica se han extraído estadísticos representativos de cada variable y se han normalizado mediante una transformación min–max para garantizar su comparabilidad. En el caso de las aportaciones, la variable se ha invertido, de modo que menores aportaciones impliquen mayor peligro.
  - El peligro climático final se ha obtenido mediante una combinación lineal ponderada de las variables normalizadas.
  - El indicador resultante se ha rasterizado a la malla de análisis de 500 × 500 m, asignando a cada celda el valor de peligro de la cuenca a la que pertenece.

Este enfoque permite reflejar de forma integrada tanto los procesos hidrológicos de base como los factores climáticos extremos que contribuyen al deterioro del estado de las masas de agua.

Exposición

La **exposición** se ha definido a partir de la **localización de las masas de agua superficiales** del tercer ciclo de planificación hidrológica, utilizadas como indicador directo del elemento potencialmente afectado. La información vectorial se ha rasterizado a una resolución de 500 × 500 m, generando un ráster binario con valores 1 (presencia de masa de agua superficial) o 0 (ausencia).

Este enfoque permite identificar de forma clara las áreas donde existe exposición directa al riesgo, facilitando su integración con los indicadores continuos de P y V.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado a partir del **estado ecológico y químico** de las masas de agua superficiales (PHWeb). A cada masa de agua se le ha asignado un nivel de vulnerabilidad discreto en función de su estado:

- Muy alta (5): estado ecológico y químico peor que bueno
- Alta (4): Estado ecológico peor que bueno
- Media (3): Estado químico peor que bueno
- Baja (2): Estado ecológico bueno
- Muy baja (1): Estado ecológico es muy bueno

Este criterio permite reflejar que las masas de agua ya degradadas presentan una mayor susceptibilidad a empeorar ante presiones climáticas adicionales.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El peligro climático para SW7 se entiende como la combinación de señales climáticas e hidrológicas que incrementan la probabilidad de deterioro del estado ecológico o químico, principalmente a través de la reducción de dilución y renovación, el aumento de la temperatura del agua y una mayor persistencia de condiciones de estiaje. Sobre esa base, el peligro puede caracterizarse con mayor precisión incorporando métricas que representen mejor la recurrencia, duración y estacionalidad de las situaciones críticas, sin introducir indicadores que ya corresponden a impacto o a gestión.

- **Frecuencia y duración de caudales bajos** mediante índices hidrológicos objetivos, por ejemplo, número de días por debajo de un percentil bajo de caudal, magnitud y duración de episodios de bajo caudal, o indicadores de “déficit de caudal” acumulado en estiaje. Esto permite capturar persistencia y recurrencia del peligro, no solo el cambio medio.

- **Estacionalidad** del recurso, incorporando indicadores que reflejen cambios en aportaciones o caudales en los meses críticos, por ejemplo, aportaciones estivales o relación estiaje–total anual, cuando exista información disponible.
- **Índices de sequía hidrológica** complementarios al caudal absoluto para representar la severidad relativa de la sequía hidrológica y su comparabilidad espacial.
- **Señales térmicas relevante para procesos de calidad**, usando como aproximación el incremento proyectado de temperatura y, cuando sea posible, un indicador indirecto de calentamiento del agua o de "días por encima de umbrales térmicos" en periodo cálido, dada su vinculación con oxigenación, blooms y degradación del estado.

El incumplimiento de caudales ecológicos se considera un resultado/impacto, no un indicador de peligro. En todo caso, los umbrales de caudal pueden usarse como referencia para construir métricas de peligro del tipo "frecuencia de caudales por debajo de un umbral hidrológico", manteniendo la lectura climática del indicador.

Adicionalmente, podría explorarse la incorporación de **factores no climáticos que condicionan de forma significativa la presión efectiva sobre el recurso**. En particular, la densidad de PIB podría emplearse como un indicador sintético de intensidad de actividad socioeconómica y, por tanto, de presión antrópica potencial sobre las masas de agua subterránea. Su inclusión permitiría avanzar hacia una representación más completa del riesgo, combinando la señal climática asociada a la disponibilidad del recurso con la intensidad de los usos del agua. No obstante, esta aproximación requeriría una definición clara del marco conceptual, diferenciando explícitamente entre peligro climático y presión antrópica, así como la disponibilidad de información homogénea y consistente que permita su aplicación de forma robusta y replicable.

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

En SW7, la exposición se refiere a la presencia y magnitud de los receptores potencialmente afectados por el peligro climático, es decir, las masas de agua superficiales y, si se quiere ampliar la lectura del riesgo, los elementos dependientes directamente vinculados a esas masas. La exposición puede representarse de forma más informativa (sin incorporar presiones antrópicas, que no son exposición).

- **Desagregación por tipología** de masa de agua para representar adecuadamente qué receptores están expuestos (ríos, lagos, embalses, masas de transición u otras tipologías relevantes). Esta desagregación no cambia el peligro, sino que mejora la lectura del receptor expuesto y facilita interpretaciones específicas.
- **Magnitud del receptor expuesto** mediante métricas de extensión o tamaño, por ejemplo, longitud total de masas lóticas y superficie de masas lénticas por unidad espacial, y cuando proceda volumen/capacidad en embalses como indicador de dimensión.
- **Exposición de elementos ambientalmente valiosos o funcionalmente críticos**, por ejemplo, masas en espacios protegidos, zonas húmedas asociadas o tramos con valores ecológicos singulares, entendido como "receptores de alto valor expuestos", sin entrar en su sensibilidad.
- **Usos dependientes aguas abajo** como exposición socioeconómica complementaria. Si se quiere reflejar el componente de servicios, puede incorporarse un indicador de exposición basado en la presencia de captaciones o tramos asociados a abastecimiento, riego o uso recreativo, formulado explícitamente como exposición de receptores humanos/servicios y no como peligro.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad para SW7 se interpreta como la susceptibilidad de las masas de agua expuestas a deteriorarse ante el peligro climático y su capacidad de respuesta/recuperación. Es conceptualmente consistente usar el estado ecológico y químico como aproximación de sensibilidad, pero puede enriquecerse con indicadores que capturen mejor la resiliencia y la propensión a cambios persistentes, evitando introducir presiones antrópicas como si fueran vulnerabilidad.

- **Tendencias históricas del estado** como indicador de trayectoria y resiliencia, distinguiendo masas con empeoramiento persistente, estancamiento o mejora, lo que informa sobre capacidad de recuperación y margen de seguridad.
- **Sensibilidad específica** a mecanismos climáticos dominantes en la conformación del riesgo SW7, por ejemplo, susceptibilidad a calentamiento y eutrofización, incorporando proxies de vulnerabilidad intrínseca como poca profundidad o alta residencia en lénticos, o baja capacidad de dilución y alta estacionalidad en lóticos.
- **Capacidad de amortiguación hidrológica** como componente de vulnerabilidad, por ejemplo, dependencia de aportes de base, conectividad con aguas subterráneas o presencia de refugios hidrológicos, cuando exista información disponible y sea coherente con la escala.
- **Capacidad de respuesta y gestión** como componente de vulnerabilidad, incluyendo de forma explícita variables de capacidad adaptativa cuando sean trazables, por ejemplo, existencia y grado de implantación de medidas de restauración/mejora relevantes, y capacidades de seguimiento/operación que condicionen recuperación.

Nota metodológica sobre “presiones significativas”: su uso como “vulnerabilidad” tiende a mezclar conceptos; si se incorporan, sería preferible tratarlas como peligro no climático o modulador del riesgo en futuras versiones. En esta primera aproximación, su efecto suele quedar reflejado indirectamente en el estado y su tendencia.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos** del nivel de confianza, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.
- **Uso de conjuntos de modelos climáticos** (ensembles) y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.

GW3. Empeoramiento del estado de las masas de agua subterráneas (DMA)

El riesgo por empeoramiento del estado de las masas de agua subterráneas se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E), y vulnerabilidad (V), esta última estimada por combinación de la capacidad adaptativa (C), y sensibilidad (S). Todos los componentes se han integrado espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** se ha caracterizado a partir de la **infiltración** media, utilizada como indicador indirecto de la recarga potencial de los acuíferos. Este indicador refleja de forma directa la capacidad del sistema hidrogeológico para compensar las extracciones y mantener el equilibrio hídrico subterráneo bajo condiciones climáticas variables. Valores bajos de infiltración se asocian a una mayor probabilidad de deterioro cuantitativo de las masas de agua subterránea, incrementando el riesgo de sobreexplotación y de impactos indirectos sobre el estado químico.

La información utilizada procede del modelo SIMPA (CEDEX), con una resolución espacial de 500 × 500 m y un periodo de análisis 1980–2023. Para su integración con el resto de las componentes del riesgo, el indicador de peligro se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles, invirtiendo previamente el sentido del indicador de modo que menores infiltraciones se correspondan con mayor nivel de peligro.

Exposición

La **exposición** se ha definido mediante la **localización de las masas de agua subterráneas** correspondientes al tercer ciclo de planificación hidrológica. Este componente identifica los elementos directamente susceptibles de experimentar un deterioro de su estado, independientemente de su uso o grado de explotación. La información procede del Catálogo de Metadatos del MITECO y se ha rasterizado a una resolución de 500 × 500 m, generando un ráster binario que distingue entre presencia (1) y ausencia (0) de masas de agua subterránea en cada celda del territorio.

Este enfoque permite centrar el análisis del riesgo exclusivamente sobre los sistemas hidrogeológicos reconocidos en la planificación.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado como una combinación de dos dimensiones complementarias: la **sensibilidad** del sistema y su **capacidad adaptativa**, ambas derivadas de la información oficial de los planes hidrológicos del tercer ciclo:

- **Sensibilidad**: se ha estimado a partir del **índice de explotación (IE)**, entendido como un indicador sintético de la presión estructural ejercida sobre la masa de agua subterránea. En el marco de este estudio, el IE se ha considerado constante en los escenarios futuros, al no disponerse de proyecciones homogéneas y consistentes sobre la evolución de las extracciones a escala nacional.

  El índice de explotación se ha reclasificado en cinco categorías crecientes de sensibilidad, desde valores bajos de presión (IE < 0,5) hasta situaciones de explotación muy elevada (IE ≥ 5):

- Muy baja (1): IE < 0.5
- Baja (2): IE <= 1
- Media (3): IE < 2
- Alta (4): IE < 5
- Muy Alta (5): IE >= 5

Conviene señalar que la reducción de la recarga asociada al cambio climático incide de forma directa sobre la sostenibilidad de las extracciones y, por tanto, sobre el IE. No obstante, incorporar esta relación de forma explícita implicaría asumir hipótesis adicionales sobre la evolución futura de la demanda y de la gestión del recurso, que exceden el alcance de este análisis. Por este motivo, el IE se utiliza como un indicador estructural de presión, manteniendo su valor constante a lo largo de los horizontes analizados.

- La **capacidad adaptativa** se ha definido en función del **estado global** de la masa de agua subterránea y de la **existencia y grado de implementación de programas de actuación específicos**. Este enfoque permite incorporar no solo la situación actual del sistema, sino también su capacidad de respuesta y gestión frente a situaciones de riesgo. Se ha asignado:
  - Capacidad adaptativa muy alta (5) a masas en buen estado.
  - Capacidad alta (4) a masas en mal estado declaradas en riesgo con programa de actuación implementado.
  - Capacidad media (3) cuando el programa está pendiente de implementación.
  - Capacidad baja (2) a masas declaradas en riesgo sin programa de actuación.
  - Capacidad muy baja (1) a masas en mal estado no declaradas en riesgo.

  Para su integración con la sensibilidad, la capacidad adaptativa se ha invertido, de manera que valores altos representen mayor vulnerabilidad.

El indicador final de vulnerabilidad se ha obtenido ponderando ambas componentes al 50 %.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El peligro climático en GW3 se ha representado mediante la infiltración media como indicadore de la recarga (SIMPA), lo que aporta homogeneidad espacial y una lectura coherente con la disponibilidad climática del recurso. Como líneas de mejora, conviene reforzar la caracterización del peligro incorporando métricas que describan mejor la señal futura y, sobre todo, la persistencia de condiciones desfavorables para la recarga, sin introducir variables que correspondan a presión antrópica o a estado/impacto.

- **Persistencia y recurrencia**: incorporar métricas de años/meses con recarga baja, duración de rachas secas y déficit acumulado de recarga, para distinguir entre territorios con medias similares pero distinta frecuencia de episodios críticos.

- **Estacionalidad de la recarga**: introducir indicadores que capturen cambios en las ventanas efectivas de recarga, especialmente donde la recarga se concentra en pocos meses y es sensible a cambios estacionales.
- Apoyo con **índices climáticos de balance**: utilizar, cuando sea útil, proxies basados en precipitación y demanda evaporativa para reflejar la pérdida de "potencial de recarga" por aumento de aridez, manteniendo la lectura estrictamente climática.
- En masas costeras, considerar las **señales climáticas marinas** (ascenso del nivel medio del mar y temporales), como condicionantes del contorno litoral y afección al equilibrio agua dulce–agua salada, pudiendo disminuir el recurso explotable compatible con mantener gradientes hidráulicos hacia el mar.

Para las masas de agua subterránea, resulta igualmente aplicable la reflexión anterior sobre la incorporación de indicadores no climáticos de presión antrópica, en los términos ya descritos para aguas superficiales.

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición se ha definido como la presencia/localización de las masas de agua subterránea del tercer ciclo, lo que es adecuado para delimitar el receptor del riesgo sin mezclarlo con el grado de explotación o con consecuencias socioeconómicas. Las mejoras recomendables se orientan a describir mejor "cuánto receptor" hay expuesto y qué tipologías están representadas, manteniendo la exposición separada de presiones.

- **Exposición ponderada por tamaño del receptor**: complementar el ráster binario con la superficie de la masa (y, si fuese viable de forma homogénea, algún indicador indirecto simple de magnitud del almacenamiento), evitando que todas las masas "pesen" igual. Puede también diferenciarse la **localización de masas costeras e interiores**, para matizar la vinculación a componentes de peligros de origen marino.
- **Receptores dependientes** como capa complementaria: incorporar, de forma explícitamente separada, la presencia de ecosistemas dependientes o puntos de descarga relevantes (manantiales/humedales) como "elementos expuestos" al deterioro de la masa, sin convertirlos en vulnerabilidad ni en presión.

Nota: volúmenes extraídos o población/actividad dependiente pueden ser útiles para interpretar consecuencias, pero no son exposición del receptor hidrogeológico en sentido estricto; si se incluyen, conviene tratarlos como "exposición de servicios" en una capa diferenciada.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se ha construido combinando una sensibilidad aproximada por el índice de explotación (IE) y una capacidad adaptativa basada en el estado y en la existencia/implantación de programas de actuación. Para mantener la coherencia conceptual, el IE debe interpretarse como un condicionante estructural que amplifica el deterioro ante una reducción de recarga, no como peligro climático. A partir de esta base, las mejoras pueden reforzar la susceptibilidad intrínseca y la capacidad real de respuesta sin desplazar la presión antrópica al bloque equivocado.

- **Sensibilidad de partida** más completa: complementar el IE con variables del propio diagnóstico de la masa, como estado cuantitativo/químico y, cuando sea posible, tendencias (trayectoria), que informan del margen de resiliencia y del riesgo de cambios persistentes.
- **Amortiguación hidrogeológica**: incorporar atributos intrínsecos que modulan la respuesta ante déficits de recarga, como almacenamiento relativo, tiempos de renovación o grado de confinamiento, cuando existan de forma homogénea y comparable.
- **Tipología hidrogeológica del acuífero** –medios porosos (detríticos), medios carbonatados, medios fisurados), en la medida en que condiciona almacenamiento, tiempos de respuesta y capacidad de amortiguación frente a déficits de recarga.
- **Capacidad adaptativa** verificable: afinar el componente de gestión incorporando proxies trazables de capacidad de control y respuesta, por ejemplo, densidad/robustez del seguimiento, grado de control de extracciones y evidencia de eficacia de programas cuando esté disponible.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos del nivel de confianza**, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.
- **Uso de conjuntos de modelos climáticos (*ensembles*)** y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.

ECS2. Deterioro de la funcionalidad de los hábitats acuáticos

El riesgo del deterioro de la funcionalidad de los hábitats acuáticos no se ha evaluado aplicando el algoritmo Peligro-Exposición-Vulnerabilidad. En su lugar, se han adoptado directamente los mapas de riesgo desarrollados en el trabajo "***Determinación de los mapas de peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo asociados al Cambio Climático en España" (UPV 2020)***.

La metodología aplicada se basa en la **relación funcional entre la temperatura del aire y la temperatura del agua** como principal factor de presión climática sobre los ecosistemas acuáticos continentales. Este enfoque permite traducir la señal climática atmosférica, para la que existen series largas y proyecciones robustas, a una variable directamente relevante para los procesos ecológicos y el estado de las masas de agua.

El análisis se apoya **en funciones de traslación aire–agua,** obtenidas a partir de evidencias empíricas y modelos desarrollados específicamente para distintos tipos de masas de agua. Estas funciones permiten estimar la respuesta térmica del medio acuático ante cambios en la temperatura atmosférica, capturando de forma integrada los efectos del clima, la hidromorfología y las condiciones locales.

A partir de estas relaciones, se evalúa la exposición térmica de los sistemas acuáticos y su potencial afección sobre elementos de calidad biológica, físico-química e hidromorfológica, en coherencia con los marcos conceptuales de la Directiva Marco del Agua. El enfoque es consistente con una evaluación estratégica a escala nacional, priorizando la comparabilidad espacial y la reproducibilidad del análisis frente al detalle local.

Riesgos considerados

El análisis considera tres tipos de riesgo asociados al incremento de la temperatura del agua, cada uno de los cuales se representa mediante cartografía temática independiente:

- Riesgo de **pérdida de hábitat para especies de aguas frías**: se representa a través del caso de la trucha común (Salmo trutta), como especie indicadora. Este riesgo se modela a partir del impacto térmico sobre la aptitud del hábitat, considerando la superación de un umbral de temperatura crítica en el mes de agosto, interpretado como una "barrera térmica" para la especie. Este componente de peligro térmico se combina con un indicador de vulnerabilidad asociado al estado de la vegetación de ribera, representado mediante el índice QBR, que modula la capacidad del sistema fluvial para amortiguar el estrés térmico.
- Riesgo de **reducción del oxígeno disuelto**, estimando la concentración de O_2 en el agua en función de la temperatura y la altitud. Las estimaciones se han contrastado con observaciones disponibles (red NABIA) y se evalúan frente a umbrales asociados a condiciones consideradas compatibles con un buen estado ecológico. Este indicador permite identificar tramos fluviales en los que el calentamiento del agua puede comprometer procesos biológicos clave y aumentar el estrés para las comunidades acuáticas.
- Riesgo de **afección a macroinvertebrados**, modelando una respuesta creciente al aumento de la temperatura del agua. Este impacto se expresa en términos de deterioro potencial del índice IBMWP y del porcentaje de individuos afectados, aplicando umbrales que permiten clasificar el riesgo en niveles alto y muy alto. Este componente proporciona una visión integrada de la sensibilidad biológica del sistema frente al calentamiento, complementaria a los indicadores fisicoquímicos.

En relación con los escenarios climáticos y horizontes temporales, los mapas se basan en las proyecciones disponibles en el estudio de la UPV (2020), que considera los escenarios RCP4.5 y RCP8.5 y las ventanas temporales 2010–2040, 2040–2070 y 2070–2100. Estas proyecciones constituyen una referencia válida en el momento de elaboración del estudio, si bien deberán actualizarse en futuros ejercicios del EACC conforme se disponga de nuevas generaciones de escenarios y modelos climáticos.

Líneas de evolución metodológica

La metodología aplicada constituye una base sólida y conceptualmente coherente. Sin embargo, conforme se disponga de nuevas evidencias científicas y herramientas metodológicas, el enfoque podría perfeccionarse mediante las mejoras que se detallan a continuación:

- Avanzar en la consolidación y sistematización de las **funciones de traslación entre temperatura atmosférica y temperatura del agua**, diferenciando de forma más explícita por tipologías de masas de agua, régimen hidrológico y condiciones climáticas regionales. Una caracterización más refinada de estas relaciones permitiría reducir incertidumbres y mejorar la consistencia del análisis entre demarcaciones.
- Integrar de manera progresiva nuevas evidencias empíricas que relacionen la temperatura —y eventualmente otros factores climáticos— con **elementos de calidad ecológica**, tales como comunidades biológicas, procesos metabólicos o umbrales térmicos críticos. En particular, los trabajos recientes descritos en la **sección 5.7** ofrecen una base prometedora para reforzar el vínculo entre presión climática y respuesta ecológica, superando enfoques basados únicamente en variables físicas.
- **Integración explícita de los trabajos en biodiversidad** (ver sección 5.6.), incorporando información sobre especies y hábitats sensibles al calentamiento, conectividad ecológica y resiliencia de los sistemas acuáticos. Este enfoque permitiría evolucionar desde una evaluación centrada en el estado de las masas de agua hacia una valoración más completa de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad acuática y los servicios ecosistémicos asociados.
- Mejorar el **alineamiento metodológico con el resto de los riesgos climáticos evaluados**, tanto en la definición de los componentes de peligro, exposición y vulnerabilidad como en los procedimientos de agregación y reclasificación. Esta convergencia facilitaría la interpretación conjunta de resultados y la priorización integrada de medidas de adaptación.

En conjunto, estas mejoras permitirían reforzar el carácter operativo de la metodología y su utilidad para la planificación adaptativa, manteniendo al mismo tiempo la coherencia con los marcos normativos y científicos existentes.

Reflexiones complementarias para la interpretación de los componentes del riesgo

Dado que en ECS2 se adoptan cartografías de riesgo ya desarrolladas, la separación entre peligro, exposición y vulnerabilidad no se presenta mediante el esquema estándar empleado en otros riesgos del anejo. No obstante, el enfoque es compatible con esa lógica conceptual si se interpreta que el peligro viene dado por el forzamiento térmico de origen climático y sus extremos relevantes, la exposición por la presencia y magnitud de los receptores ecológicos potencialmente afectados, y la vulnerabilidad por los atributos que modulan la susceptibilidad y la capacidad de amortiguación y recuperación del sistema.

En particular, las tipologías de masas de agua y otros rasgos con significado funcional no deben leerse como exposición, sino como factores que condicionan la respuesta del receptor ante un mismo forzamiento térmico. Su papel es, por tanto, el de componentes de vulnerabilidad, en la medida en que influyen en la persistencia de refugios térmicos, en la conectividad, en los tiempos de residencia y en la capacidad de amortiguación local. En cambio, la exposición debe reservarse para expresar “cuánto receptor hay” y “dónde está”, por ejemplo, en términos de extensión de tramos fluviales o superficie de masas lénticas y hábitats asociados.

Esta distinción resulta especialmente importante si en futuras evoluciones metodológicas se incorporan peligros compuestos del tipo calor y estiaje. En ese caso, el componente hidrológico derivado del clima debe formularse como parte del peligro climático, mientras que los factores no climáticos que modulan el estrés térmico y la disponibilidad de refugios, como la regulación, la alteración hidromorfológica o la estructura de ribera, deben mantenerse en el ámbito de la vulnerabilidad. Con ello se evita desplazar al bloque de peligro elementos que pertenecen a condiciones de partida o a la capacidad del sistema para amortiguar impactos, preservando la coherencia conceptual del análisis y su comparabilidad con el resto de los riesgos.

ECS8. Incremento de la sedimentación en embalses y cauces

El riesgo de incremento de la sedimentación en embalses y cauces se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E), y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** se ha caracterizado a partir de la **precipitación máxima en 24 horas**, seleccionada como indicador clave de eventos de alta intensidad que generan escorrentía y transporte sólido hacia embalses y cauces. Este indicador refleja de manera directa la probabilidad de episodios de sedimentación elevada en función de la intensidad de la lluvia.

Los datos utilizados proceden de AdapteCCa, con resolución espacial de 5 × 5 km y periodo histórico 1971–2000.

Para adaptar la información a la escala de los embalses se realizaron las siguientes operaciones:

- Se calcularon las subcuencas drenantes a cada embalse a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT, 50 m) y la ubicación de las presas (Catálogo de Metadatos).
- Se realizaron ajustes puntuales de la ubicación de cerradas/presas para alinear los puntos con los píxeles de mayor acumulación de flujo.
- Se calculó la precipitación máxima mediana en la subcuenca drenante de cada embalse.

Finalmente, el indicador se reclasificó en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante cuantiles, facilitando su integración con los componentes de exposición y vulnerabilidad.

Exposición

La **exposición** se ha definido como la **capacidad útil de los embalses**, que refleja el volumen de agua potencialmente afectado por los procesos de sedimentación. La información utilizada procede del Boletín Hidrológico y del Catálogo de Metadatos de embalses, considerando los datos más recientes disponibles, correspondientes a noviembre de 2025.

Para integrar esta información en el análisis espacial, se ha asociado de forma directa el volumen útil con el polígono correspondiente a cada embalse, permitiendo una representación homogénea y comparable de la exposición en todo el territorio. Finalmente, con el objetivo de facilitar la combinación con los otros componentes del riesgo, se ha reclasificado la capacidad útil en cinco categorías, de Muy bajo a Muy alto, mediante un método de cuantiles.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado a partir de la **erosión potencial de los suelos en la cuenca drenante de cada embalse**, como indicador indirecto de la sensibilidad del territorio frente a la sedimentación.

La información procede del Inventario Nacional de Erosión de Suelos (2002–2019), con una resolución de 25 × 25 metros, lo que permite capturar con detalle la variabilidad espacial de los procesos erosivos.

Para cada embalse se ha calculado la mediana de erosión potencial en su cuenca drenante, y el valor obtenido se ha reclasificado en cinco categorías comparables, de Muy bajo a Muy alto, proporcionando un indicador de vulnerabilidad directamente interpretable y coherente con el resto de las componentes del riesgo.

Consideraciones sobre la proyección futura del riesgo

En este análisis no se proyecta el riesgo a horizontes futuros, debido a la **elevada incertidumbre asociada a la evolución de los extremos de precipitación**. Tal y como se expone en la sección 3.20 de la memoria, los estudios disponibles muestran resultados contradictorios y no permiten identificar una señal robusta en la precipitación máxima diaria, ni en escenarios intermedios (SSP2-4.5) ni de altas emisiones (SSP5-8.5). Ante esta falta de consenso y con el fin de evitar introducir supuestos poco consistentes, la evaluación del riesgo se basa exclusivamente en información histórica, garantizando un análisis coherente, transparente y replicable.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El indicador actual (precipitación máxima en 24 horas) es un buen indicador indirecto de episodios con capacidad de generar pulsos de escorrentía y transporte sólido hacia embalses y cauces. Para reforzar el peligro sin mezclarlo con exposición o vulnerabilidad, las mejoras deberían centrarse en describir mejor la intensidad, recurrencia y dinámica de los eventos extremos, manteniendo el foco en variables de origen climático:

- **Representar la cola de extremos con mayor detalle**, incorporando indicadores vinculados a distintos periodos de retorno o cuantiles altos, en lugar de una única métrica resumen, para discriminar mejor cuencas donde el riesgo está dominado por eventos raros pero muy eficientes en movilizar sedimentos.
- **Complementar con métricas de intensidad y duración** (p. ej., intensidades sub-diarias, IDF o proxies de erosividad de la lluvia), ya que la movilización de sedimentos responde más a la energía del episodio que a la acumulación diaria por sí sola. En términos metodológicos, esto es una mejora del peligro (forzamiento), no de la vulnerabilidad (susceptibilidad del terreno).
- **Incorporar una señal de irregularidad**/eventos encadenados (por ejemplo, episodios intensos tras periodos secos), cuando existan datos homogéneos, porque estas secuencias tienden a aumentar la eficiencia de generación de escorrentía y arrastre sólido.
- **Evolución futura del peligro**: dado que se asume explícitamente que no se proyecta el riesgo a futuro por la incertidumbre en la evolución de los extremos diarios, cualquier mejora prospectiva debe plantearse como línea de trabajo condicionada a disponer de señal robusta (p. ej., productos más consistentes o enfoques sub-diarios).

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición actual se basa en la capacidad útil de los embalses, interpretada como magnitud del activo potencialmente afectado por la colmatación. Para enriquecerla sin introducir sensibilidad o gestión (vulnerabilidad), las mejoras deberían seguir expresando "cuánto receptor hay" y "dónde":

- **Ampliar la exposición más allá del embalse** cuando se quiera reflejar el componente "cauces" del impacto, incorporando tramos o elementos fluviales con valor expuesto (p. ej., longitudes de cauce en zonas con elevada ocupación de infraestructuras hidráulicas, tomas, azudes, puentes o tramos urbanos susceptibles a colmatación). Esto sigue siendo exposición de activos/receptores, no vulnerabilidad.
- **Distinguir exposición por tipología de activo**, manteniendo la lógica de receptor: grandes embalses de regulación, pequeños embalses, balsas u otras infraestructuras relevantes si se dispone de inventario homogéneo.
- **Exposición de servicios como capa separada** (opcional): si se desea ponderar el impacto potencial por función (abastecimiento, riego, laminación, hidroeléctrica), conviene explicitarlo como "exposición de servicio" o "ponderación por criticidad" para no confundirlo con vulnerabilidad. El receptor físico (capacidad) y la relevancia del servicio son dimensiones distintas.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad actual se aproxima mediante la erosión potencial en la cuenca drenante como indicador indirecto de sensibilidad del territorio a generar aporte sólido. Para reforzarla manteniendo la separación con el peligro (lluvia extrema) y con la exposición (capacidad/activos), las mejoras deberían incorporar factores que expliquen la susceptibilidad y la capacidad de amortiguación/gestión:

- Pasar de "erosión potencial" a una **vulnerabilidad más matizada**, desagregando (si hay datos homogéneos) componentes del tipo cubierta vegetal/uso del suelo y prácticas de conservación. Esto permite distinguir cuencas con erosión potencial similar pero distinta protección del suelo y, por tanto, distinta propensión real a aportar sedimento.
- **Conectividad y entrega de sedimentos** como parte de la vulnerabilidad: incorporar proxies de conectividad ladera–cauce y de eficiencia de transporte (pendiente, densidad de drenaje, proximidad a red, confinamiento), porque no todo lo erosionado llega al embalse o al tramo crítico.
- **Capacidad adaptativa y gestión del sedimento**, incorporando la presencia/eficacia de medidas de control (diques de retención, obras de corrección, estrategias de vaciado/arrastre, dragados programados), ya que modulan la respuesta del sistema ante un mismo peligro.
- **Evidencia histórica** de colmatación/resiliencia donde exista información comparable (pérdida histórica de capacidad, batimetrías, registros de aterramiento o de mantenimiento), como indicador integrador de vulnerabilidad real. Esto no sustituye el enfoque estructural, pero ayuda a calibrar y discriminar cuencas con dinámicas distintas.

Cualquier variable que describa el episodio meteorológico (intensidad/erosividad de lluvia) debe quedar en peligro; variables que describan el activo (capacidad/infraestructura) en exposición; y variables que describan cómo responde el territorio y el sistema de gestión (susceptibilidad, conectividad, capacidad adaptativa) en vulnerabilidad.

ECS9. Daños sistémicos por sequía prolongada

El riesgo por daños sistémicos por sequía prolongada se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E) y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** se ha caracterizado a partir del **balance hídrico** (P–ETP), que refleja de forma directa el déficit o superávit de agua disponible en el territorio. Este indicador es conceptualmente equivalente al SPEI, pero permite una interpretación física más directa y su aplicación consistente tanto en condiciones históricas como en escenarios futuros de cambio climático.

La información utilizada procede del modelo SIMPA (CEDEX), con una resolución espacial de 500 × 500 m y un periodo de análisis 1980–2023. Para su integración con el resto de componentes del riesgo, el indicador de peligro se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles, invirtiendo previamente el sentido del indicador de modo que un menor balance se corresponda con mayor nivel de peligro.

Exposición

La **exposición** se ha definido mediante dos componentes, ponderadas de forma equitativa: la presencia de espacios de la Red Natura 2000 y el PIB municipal. Para su integración con el resto de las componentes del riesgo, el indicador de exposición se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

- El **valor ambiental protegido**, representado por la presencia de **espacios de la Red Natura 2000**. Fuente: Catálogo de Metadatos del MITECO.
- La **actividad económica**, representada por una **estimación del PIB municipal**, aplicando un procedimiento de desagregación basado en renta per cápita y población municipal, redistribuyendo el PIB provincial de manera proporcional al peso económico de cada municipio. Posteriormente, la información se ha transformado en un ráster continuo mediante el cálculo de densidades económicas y su rasterización a la malla de análisis. Este proceso permite convertir la exposición en un valor absoluto comparable espacialmente, garantizar coherencia geométrica entre capas, integrar la información socioeconómica con los ráster de P y V en un formato común.
  - Fuentes de información: Renta media por persona a nivel municipal (Atlas de Distribución de Renta de los Hogares (INE), serie 2015–2022), Población municipal 2024 (INE), PIB provincial (Contabilidad Regional de España, serie 2021–2023, INE), cobertura municipal en formato *shapefile* (Catálogo de Metadatos del MITECO).
  - Estimación económica municipal: a partir de los datos oficiales de renta por persona, se estimó la renta total de cada municipio: *Renta Municipal = Población Municipal * Renta per cápita (2022)*. Posteriormente se redistribuye el PIB provincial entre los municipios de forma proporcional a su aportación relativa en renta: *PIB Municipal (€) = Renta Municipal * [(PIB Provincial / 1000) / Renta Provincial (M€)]*. De esta forma, cada municipio recibe la fracción del PIB provincial que le corresponde según su peso económico real dentro de la provincia.
  - Para integrar el PIB municipal con las componentes de P y V, ha sido necesario convertir la información económica —originalmente asociada a polígonos municipales— en un ráster continuo y homogéneo. Para ello, en primer lugar, se reproyectaron los límites municipales a ETRS89 / UTM 30N (EPSG:25830) y

se calculó la superficie real de cada municipio en metros cuadrados. A partir de estos valores, se obtuvo una variable continua comparable entre municipios mediante el cálculo de la densidad económica en €/m^2, definida como: *PIB (€/m2) = PIB Municipal (€) / Área municipal (m^2)*.

- Rasterización del PIB Municipal: a partir del ráster plantilla, se rasterizó la densidad económica (€/m^2) calculada para cada municipio. Al tratarse de una variable continua, se utilizó el método "*mean*" para asignar a cada celda el valor promedio del municipio en el que se encuentra. El resultado es un ráster homogéneo y continuo, en el que cada pixel representa la densidad económica asociada a su ubicación, perfectamente alineado con la resolución espacial del resto de componentes.
- Cálculo del PIB por celda: para obtener un indicador de exposición comparable con el resto de las capas, la densidad económica (€/m^2) se transformó en *PIB por celda (€) = PIB (€/m2) * Área de la celda (m^2)*.

Para su integración con el resto de las componentes del riesgo, el indicador de exposición se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado como un indicador derivado del **porcentaje de tiempo en situaciones de alerta y emergencia**, en base a los indicadores de escasez recogidos en los Planes Especiales de Sequía. Este indicador refleja la susceptibilidad del territorio a sufrir impactos cuando el peligro se materializa.

La información utilizada procede de los Planes Especiales de Sequía. Para su integración con el resto de componentes del riesgo, el indicador de vulnerabilidad se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El balance hídrico (P–ETP) constituye un indicador robusto y de interpretación directa, al reflejar explícitamente el déficit o superávit de agua disponible en el territorio. Manteniendo ese enfoque y evitando incorporar variables de exposición o vulnerabilidad, las principales líneas de mejora serían:

- **Capturar mejor la persistencia y la recurrencia**, complementando el balance medio con métricas de duración y frecuencia de déficits relevantes, como rachas secas, déficit acumulado y porcentaje de tiempo por debajo de umbrales (en ventanas móviles). Esto permite representar mejor el carácter "prolongado" del riesgo, más allá de la intensidad media del déficit.
- **Introducir escalas temporales múltiples de sequía**, de manera que el peligro refleje la propagación del déficit desde escalas cortas a largas (por ejemplo, ventanas estacionales y plurianuales). En un riesgo sistémico, la escala temporal condiciona la transición de tensiones operativas a impactos agregados.

- **Vincular el peligro a la traducción hidrológica** cuando sea necesario, incorporando un indicador hidrológico de apoyo (p. ej., anomalías de aportación/escorrentía o caudales bajos) siempre como extensión del peligro climático-hidrológico, no como consecuencia. Esto mejora la lectura en territorios donde el déficit P–ETP no se traduce linealmente en disponibilidad efectiva.
- **Coherencia con el análisis de escenarios**: dado que en la proyección futura del ECS9 se estima el cambio manteniendo constantes los umbrales de reclasificación del periodo actual para asegurar comparabilidad, cualquier refinamiento del peligro debería preservar esa comparabilidad temporal o, si se introducen nuevas métricas, acompañarse de una regla de equivalencia clara.

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición utilizada en el análisis se basa en la actividad económica municipal y en el valor ambiental protegido, representado mediante la presencia de espacios de la Red Natura 2000. Esta combinación permite aproximar, de forma sintética y coherente a escala nacional, tanto los activos económicos potencialmente afectados por la sequía prolongada como los valores ambientales especialmente sensibles a la disponibilidad de agua.

- **Exposición ambiental más informativa**, pasando del binario "Natura 2000 sí/no" a una representación multicomponente que refleje tipología de espacios, dependencia hídrica, estado de conservación y servicios ecosistémicos sensibles a la disponibilidad de agua, manteniéndolo como "receptor valioso expuesto" y no como sensibilidad o estado.
- **Exposición económica más específica**, complementando el PIB total con proxies de concentración de actividad y, cuando exista información homogénea, con exposición de sectores especialmente dependientes del agua (expresado como valor/actividad expuesta, no como capacidad de respuesta). En este sentido, la superficie de regadío o el PIB agrario se presentan como indicadores especialmente relevantes de exposición directa al déficit hídrico.
- Otras **capas de exposición de servicios** (opcionales y explícitas), separadas de la exposición base: por ejemplo, presencia de infraestructuras críticas o nodos de servicios esenciales vinculados al agua. La clave es mantenerlo como potencial de afectación, sin incorporar todavía su fragilidad o capacidad de gestión.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se ha aproximado mediante un indicador operativo de escasez, el porcentaje de tiempo en alerta/emergencia según los Planes Especiales de Sequía (1980–2023), que ofrece una lectura directa de la susceptibilidad del sistema a que el peligro se traduzca en restricciones y tensiones. No obstante, este componente podría ampliarse incorporando indicadores adicionales que reflejen de forma más completa la capacidad del territorio para absorber, gestionar y adaptarse a la sequía prolongada, entre ellos:

- **Vulnerabilidad estructural de los sistemas de abastecimiento**, relacionada con una baja capacidad de regulación, escasa redundancia de fuentes, elevada dependencia de recursos locales o limitada interconexión entre sistemas.
- **Vulnerabilidad socioeconómica**, mediante variables que reflejen capacidad de absorción del impacto y recuperación (renta, desempleo, envejecimiento, etc.), o dependencia económica de sectores especialmente sensibles a la disponibilidad hídrica, manteniéndolas como sensibilidad/capacidad adaptativa y no como "valor expuesto" (que ya cubre el PIB).
- **Histórico de episodios críticos y respuesta**, incorporando indicadores de duración e intensidad de restricciones, y proxies de capacidad de gestión y adaptación (existencia y desarrollo de planes, medidas de ahorro/eficiencia, experiencia previa), para discriminar territorios con exposición similar, pero resiliencia distinta.
- **Capacidad de gestión y adaptación**, evaluada a partir de la existencia y grado de desarrollo de planes de emergencia, medidas de ahorro y eficiencia, diversificación de fuentes o experiencias previas de adaptación.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos del nivel de confianza**, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.
- **Uso de conjuntos de modelos climáticos (*ensembles)*** y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.

ECS10/ECS11. Daños sistémicos por avenidas fluviales e inundaciones pluviales / inundaciones costeras y temporales marítimos

En España, la evaluación y gestión del riesgo de inundación, tanto fluvial como costera, se rige por la Directiva de Inundaciones (Directiva 2007/60/CE) y su transposición mediante el Real Decreto 903/2010. Este marco establece un proceso metodológico común a todas las demarcaciones hidrográficas, que se desarrolla en tres fases: la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), la elaboración de los Mapas de Peligrosidad y Riesgo de Inundación (MAPRI) y los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación (PGRI).

Cartografía disponible

La cartografía oficial resultante de este proceso se publica en el **Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables** (SNCZI). El visor del SNCZI contiene los mapas de peligrosidad y los mapas de riesgo correspondientes a las zonas identificadas en la EPRI como Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI). Estos mapas son elaborados en cada demarcación por las autoridades competentes en materia de aguas, costas y protección civil, de acuerdo con el procedimiento establecido en el artículo 8 del Real Decreto 903/2010.

De forma resumida, los contenidos del SNCZI se estructuran en dos grandes bloques cartográficos:

- Mapas de **peligrosidad**, que representan la extensión potencial de la inundación y el calado o nivel del agua para distintos escenarios de probabilidad, permitiendo identificar las zonas que quedarían anegadas y la intensidad del fenómeno en cada punto.
- Mapas de **riesgo**, que muestran las consecuencias adversas potenciales asociadas a la inundación dentro de las zonas inundables. Estos mapas integran la información de peligrosidad con distintos tipos de elementos afectados y se organizan en cuatro categorías principales: riesgo para la población, riesgo para las actividades económicas, riesgo para el medio ambiente y riesgo en puntos de especial importancia.

En el presente estudio **no se ha realizado un cálculo propio del riesgo de inundación. La evaluación se basa exclusivamente en la utilización y representación de la cartografía oficial disponible en el SNCZI**, garantizando así la coherencia con la metodología establecida a nivel nacional y la comparabilidad entre demarcaciones.

Concretamente, se han utilizado los mapas de riesgo correspondientes a:

- Riesgo para la **población**: sobre la extensión de la zona inundable, se muestra el número indicativo de habitantes que pueden verse afectados en cada zona.
- Riesgo para las **actividades económicas**: sobre la extensión de la zona inundable, se muestra el tipo de actividad económica (uso de suelo) que puede verse afectada.
- Afección a **áreas de importancia ambiental**: sobre la extensión de la zona inundable, se muestran cuatro tipos de posibles afecciones a figuras ambientales:
  - Masas de agua de la Directiva Marco del Agua.
  - Zonas protegidas para la captación de aguas destinadas al consumo humano.
  - Masas de agua de uso recreativo.
  - Zonas para la protección de hábitats o especies.
- Riesgo en **puntos de especial importancia**: muestra posibles afecciones a elementos de cuatro tipos específicos en el ámbito de la zona inundable:

- Instalaciones industriales, según la Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de noviembre de 2010, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación).
- EDAR (Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales)
- Patrimonio cultural.
- Elementos significativos para protección civil.

Estos mapas permiten una visión sintética y comparable del riesgo de inundación a escala nacional, constituyendo una referencia sólida para el análisis estratégico y la priorización de medidas de adaptación.

Consideraciones sobre la proyección futura del riesgo

Debido a la elevada incertidumbre asociada a la evolución de los extremos de precipitación, en este análisis no se proyecta el riesgo a horizontes futuros. Tal y como se expone en la sección 3.20 de la memoria, los estudios disponibles muestran resultados contradictorios y no permiten identificar una señal robusta en la precipitación máxima diaria, ni en escenarios intermedios (SSP2-4.5) ni de altas emisiones (SSP5-8.5). Ante esta falta de consenso y con el fin de evitar introducir supuestos poco consistentes, la evaluación del riesgo se basa exclusivamente en información histórica, garantizando un análisis coherente, transparente y replicable.

ECS13. Riesgo de incremento de la incidencia de incendios forestales asociados al clima

El riesgo de incremento de la incidencia de incendios forestales asociados al clima se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E) y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** de incendios forestales se ha caracterizado mediante el **Fire Weather Index (FWI)** o Índice Meteorológico de Incendios, desarrollado por el Servicio Forestal Canadiense. El FWI es un índice meteorológico adimensional, ampliamente utilizado a escala global, que permite estimar las condiciones favorables para la ignición y propagación de incendios forestales a partir de variables meteorológicas diarias registradas al mediodía: temperatura del aire, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación acumulada en las últimas 24 horas. Situaciones de alto riesgo suelen coincidir con la conocida regla del 30-30-30 (temperatura ≥ 30 °C, humedad ≤ 30 % y viento ≥ 30 km/h).

En el marco del Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S), se dispone de datos históricos y proyecciones futuras del FWI para Europa, basadas en simulaciones climáticas EURO-CORDEX. Estas simulaciones presentan resolución diaria y una resolución espacial de 0,11° × 0,11°, y cubren los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 para el periodo 1970–2098. El tramo histórico (1970–2005) se emplea como referencia para el análisis de tendencias. Se pueden encontrar más especificaciones técnicas en la documentación de los conjuntos de datos:

- Datos históricos de los índices de peligro de incendios del Servicio de Gestión de Emergencias de Copernicus[2]
- Indicadores de peligro de incendios para Europa de 1970 a 2098 derivados de las proyecciones climáticas[3]

Además de los valores diarios, el conjunto de datos incluye indicadores derivados, como el número de días con peligro moderado, alto y muy alto, según la clasificación del Sistema Europeo de Información sobre Incendios Forestales (EFFIS), y el **FWI medio del periodo junio–septiembre** (temporada de incendios en Europa). Este último es el que se ha utilizado para el análisis del riesgo ECS13. Se calcula como la suma del índice meteorológico diario de incendios durante la temporada de incendios dividida por el número total de días dentro de este intervalo de fechas. Cuanto más alto es el valor del índice, más favorables son las condiciones meteorológicas para que se produzca un incendio forestal. El peligro se ha reclasificado según los rangos del índice FWI utilizados por el European Forest Fire Information System (EFFIS).

[2] https://ewds.climate.copernicus.eu/datasets/cems-fire-historical-v1?tab=overview

[3] https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/sis-tourism-fire-danger-indicators?tab=overview

Fire Danger Classes	FWI ranges (upper bound excluded)
Very low	< 5.2
Low	5.2 - 11.2
Moderate	11.2 - 21.3
High	21.3 - 38.0
Very high	38.0 - 50.0
Extreme	>= 50.0

Rangos del FWI utilizados por EFFIS para la definición de las clases de peligro de incendios.

Este indicador constituye una medida directa y fácilmente interpretable de la incidencia potencial de incendios asociados al clima

Fuente: Seasonal FWI (Copernicus Climate Data Store), con resolución espacial de 100 x 10 km (resampleado a una resolución de 2 km), para el periodo 1970-2098.

Exposición

La **exposición** se ha definido a partir de la **superficie forestal y vegetación natural**, utilizada como indicador de la presencia de masa forestal o vegetación natural susceptible de arder. A partir de la información procedente del CORINE Land Cover 2018 en formato vectorial se ha identificado como superficie forestal toda la superficie contenida en las clases:

- 3.1 Bosques
- 3.2 Espacios de vegetación arbustiva y/o herbácea

Esta información se ha rasterizado y se le ha dado un tratamiento binario: se asigna valor 1 si la celda contiene superficie forestal y un valor 0 si no hay superficie forestal. El resultado permite identificar el territorio expuesto en términos de presencia de combustible forestal.

Fuente: CORINE Land Cover 2018, rasterizado a una resolución de 500 x 500 m.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado mediante el indicador derivado del **Vegetation Health Index (VHI),** un índice compuesto que combina el VCI (Vegetation Condition Index), basado en NDVI (vegetación/biomasa) y el TCI (Temperature Condition Index), basado en la temperatura de superficie (LST). El VHI refleja la sensibilidad del sistema forestal al daño por incendio; las áreas donde un incendio puede tener mayor impacto sobre la vegetación debido a su estado, salud o estrés hídrico. En términos de vulnerabilidad climática, un VHI bajo indica vegetación estresada por calor o falta de agua, es decir, áreas potencialmente vulnerables.

Para su cálculo se han empleado los productos mensuales VHI-M de la FAO[4], disponibles en formato ráster, correspondientes al periodo 1984–2023 y con una resolución de 1 km. Cada archivo mensual incluye información georreferenciada del estado de la vegetación, con valores normalizados entre 0 y 1, donde valores bajos indican mayor estrés.

Con el fin de captar la respuesta acumulada de la vegetación a escala anual, los datos mensuales se han agregado por año hidrológico y se ha calculado la mediana anual de cada celda, reduciendo así la influencia de valores extremos puntuales y priorizando una señal representativa del comportamiento medio del sistema.

A partir de la serie de medianas anuales por año hidrológico, se ha calculado un valor mediano global para todo el periodo de estudio (1984–2023), obteniéndose un único ráster representativo de las condiciones medias de estrés de la vegetación a largo plazo.

Finalmente, para su integración con el resto de componentes del riesgo, este indicador se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El peligro se está caracterizando mediante el indicador FWI estacional reclasificado según rangos EFFIS. A partir de esa base, las mejoras más consistentes pasan por explotar mejor la señal de extremos y persistencia, y por complementar el FWI con indicadores que capturen el trasfondo de sequía que favorece episodios severos:

- Incorporar, además del valor medio estacional, **métricas derivadas como el número de días en peligro moderado, alto y muy alto** y la duración de rachas consecutivas con FWI elevado, para representar mejor episodios prolongados de condiciones críticas.
- Complementar con **índices de sequía y estrés hídrico como SPEI** (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index) o el **SSI** (Soil Moisture Stress Index), para reflejar el contexto de déficit hídrico acumulado que puede amplificar la disponibilidad de combustible y la severidad potencial, especialmente en escalas multi-mensuales y plurianuales.
- Añadir información específica sobre **combinaciones meteorológicas extremas** que disparan grandes incendios, como olas de calor prolongadas y periodos secos intensos, de forma que el peligro recoja no solo intensidad, sino concurrencia de condiciones.
- Utilizar **registros históricos de incendios** para contrastar y, cuando sea posible, ajustar los umbrales de reclasificación del FWI, reforzando la consistencia entre clases de peligro y ocurrencia observada.

[4] https://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_2.jsp?lang=en

En ámbitos donde se disponga de capacidad y datos, valorar el apoyo con modelos de propagación integrados con el forzamiento meteorológico, para aproximar explícitamente la componente de crecimiento y extensión potencial asociada a escenarios climáticos.

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición se está representando mediante la presencia de superficie forestal y vegetación natural. Ese planteamiento es sólido como primera aproximación y puede refinarse sin cambiar su sentido, pasando de un indicador binario a una descripción más informativa del receptor expuesto:

- Desagregar la exposición por tipos de **cobertura y combustibilidad de la vegetación forestal y arbustiva** presente, de manera que el receptor expuesto no sea solo “hay o no hay combustible”, sino también “qué tipo de combustible domina”.
- Incorporar **métricas de continuidad y fragmentación** del combustible a escala espacial, dado que la distribución del receptor expuesto condiciona la propagación potencial y permite diferenciar territorios con igual superficie forestal pero distinta configuración.
- Añadir la **interfaz urbano-forestal** como dimensión de exposición cuando se quiera representar explícitamente la presencia de personas y activos en zonas donde el incendio puede afectar directamente a población e infraestructuras, además del componente estrictamente ecológico.
- Incluir, si existe información homogénea, una **aproximación a la carga de combustible o su variación estacional** como medida de “cuánto receptor combustible” está disponible, manteniéndolo como exposición del receptor y no como señal meteorológica.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se está estimando a partir del VHI, que informa sobre el estado y el estrés de la vegetación como indicador indirecto de susceptibilidad. A partir de esa base, las mejoras más útiles suelen centrarse en representar mejor la capacidad de recuperación, la susceptibilidad acumulada y condicionantes locales que amplifican daños:

- Incorporar información de **recuperación postincendio y resiliencia de la vegetación**, de forma que la vulnerabilidad no refleje solo estrés previo, sino también la capacidad de retorno tras el impacto.
- Considerar el **historial de incendios, incluyendo frecuencia e intensidad**, para identificar áreas con recurrencia alta o con señales de degradación progresiva que incrementen la susceptibilidad ante nuevos episodios.
- Integrar **condicionantes del terreno y del contexto operativo**, como pendiente y accesibilidad, que influyen tanto en la propagación y severidad local como en la efectividad de la respuesta y de medidas de mitigación.
- Cuando sea pertinente, ampliar la lectura hacia la **vulnerabilidad socioambiental** en zonas con interfaz urbano-forestal, incorporando variables que reflejen capacidad de preparación y respuesta y la sensibilidad de los receptores humanos y ambientales.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos del nivel de confianza**, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.

- **Uso de conjuntos de modelos climáticos (ensembles)** y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.

AU1. Reducción de la garantía de suministro al abastecimiento

El riesgo por reducción de la garantía de suministro al abastecimiento se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E) y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** se ha caracterizado a partir de la **aportación específica.** Este indicador constituye una medida directa de la disponibilidad natural de agua y de su variabilidad climática, siendo especialmente relevante para evaluar situaciones de reducción de aportaciones que puedan comprometer la garantía del suministro urbano. La información procede del modelo SIMPA (CEDEX), utilizando la variable de escorrentía total, con una resolución espacial de 500 × 500 m y un periodo de análisis 1980–2023.

Con el fin de integrar este indicador con el resto de las componentes del riesgo, los valores de aportación específica se han transformado en un índice de peligro, invirtiendo previamente el sentido del indicador de modo que menores aportaciones se correspondan con mayor nivel de peligro. Posteriormente, el indicador de peligro se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Exposición

La **exposición** se ha definido a partir de la **densidad de población**, utilizada como indicador sintético del volumen de población potencialmente afectada por una reducción en la garantía de suministro de agua para abastecimiento urbano.

La información de población municipal correspondiente al año 2024 (INE) se ha transformado en un ráster continuo, permitiendo representar de forma homogénea la distribución espacial de la población y su integración con los indicadores de peligro y vulnerabilidad. Este enfoque permite identificar las áreas donde un mismo nivel de peligro puede generar impactos significativamente distintos en función del número de personas expuestas.

Para su integración con el resto de las componentes del riesgo, el indicador de exposición se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado mediante el **Índice Sintético de Vulnerabilidad Urbana (ISVU),** procedente del "*Atlas de Vulnerabilidad Urbana*", elaborado por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana[5]. Este índice permite caracterizar la susceptibilidad social y estructural de la población urbana frente a impactos que afectan a servicios básicos, como el abastecimiento de agua, considerando factores sociodemográficos, socioeconómicos y residenciales.

[5] https://atlasvulnerabilidadurbana.mitma.es/#c=home

El Atlas se basa en los datos de los Censos de Población y Viviendas de 2001 y 2011, y proporciona información a nivel de sección censal para el conjunto del territorio nacional. En este estudio se ha empleado la **Clasificación Multicriterio Global (ISVU-G)**, que integra un total de 20 indicadores de vulnerabilidad agrupados en cuatro grandes dominios temáticos:

- ISVU-SD, Clasificación según criterios Sociodemográficos, incluye el conjunto de los 5 indicadores sociodemográficos: (1) Porcentaje de población de 75 años y más, (2) Porcentaje de hogares unipersonales de mayores de 64 años, (3) Porcentaje de hogares con un adulto y un menor o más, (4) Porcentaje de población extranjera y (5) Porcentaje de población extranjera infantil.
- ISVU-SE, Clasificación según criterios Socioeconómicos, incluye el conjunto de 5 indicadores socioeconómicos: (6) Porcentaje de población en paro. (IBVU), (7) Porcentaje de población juvenil en paro, (8) Porcentaje de ocupados eventuales, (9) Porcentaje de ocupados no cualificados y (10) Porcentaje de población sin estudios. (IBVU).
- ISVU-R, Clasificación según criterios Residenciales, incluye el conjunto de los 5 indicadores residenciales: (11) Porcentaje de viviendas con menos de 30 m^2, (12) Superficie media por habitante (m^2), (13) Porcentaje de población en viviendas sin servicio o aseo. (IBVU: Indicador Básico de Vulnerabilidad Urbana), (14) Porcentaje de viviendas en edificios en mal estado de conservación y (15) Porcentaje viviendas en edificios anteriores a 1951.
- ISVU-S, Clasificación según criterios Subjetivos, incluye el conjunto de los 5 indicadores subjetivos: (16) Porcentaje de población con problemas de ruidos exteriores, (17) Porcentaje de población con problemas de contaminación en su entorno, (18) Porcentaje de población con problemas de malas comunicaciones, (19) Porcentaje de población con problema de escasez zonas verdes y (20) Porcentaje de población con problemas de delincuencia en su entorno.

Para su integración con el resto de componentes del riesgo, el índice se ha rasterizado y homogeneizado a la resolución de análisis (500 x 500 m), y posteriormente se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El peligro se ha aproximado con la aportación específica (SIMPA, 1980–2023), reclasificada por cuantiles tras invertir el sentido para que menores aportaciones impliquen mayor peligro. Sobre esa base, las mejoras más útiles consisten en capturar mejor persistencia, estacionalidad y severidad de episodios de baja aportación, sin desplazar al bloque de peligro variables de desempeño del sistema.

- **Persistencia y recurrencia de baja aportación**: complementar el promedio con métricas de duración y frecuencia (años/meses por debajo de umbrales relativos, rachas secas hidrológicas y déficit acumulado), para discriminar mejor sequías multianuales relevantes para el abastecimiento.
- **Estacionalidad del déficit**: incorporar indicadores centrados en los periodos críticos (por ejemplo, señal de aportaciones en meses de estiaje o ratios estiaje–anual), dado que la garantía suele depender de la coincidencia entre baja aportación y periodos de máxima demanda.
- **Índices multiescala de sequía**: mantener y desarrollar el uso de SPEI y SSI para caracterizar la sequía a distintas escalas temporales (corto, medio y largo plazo) y mejorar la comparabilidad espacial del peligro.

- **Traducción hidrológica hacia sistemas de regulación** (cuando proceda): incorporar la reducción de aportaciones naturales a sistemas de regulación como descriptor hidrológico del peligro en ámbitos fuertemente regulados, manteniendo el foco en la señal climática-hidrológica.

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición se ha representado mediante densidad de población (INE 2024), rasterizada y reclasificada por cuantiles, como aproximación al volumen de población potencialmente afectada. Este enfoque es consistente a escala nacional, pero puede refinarse para reflejar mejor los receptores efectivamente dependientes del abastecimiento y los elementos expuestos:

- **Población efectivamente abastecida** por unidades/sistemas de suministro, diferenciando (cuando exista información) el origen principal del recurso (superficial, subterráneo o mixto), para alinear la exposición con la organización real del servicio.
- **Infraestructuras críticas de abastecimiento** (captaciones, ETAP, depósitos, conducciones principales) como exposición de activos cuya afección puede amplificar el impacto más allá del patrón poblacional.
- **Servicios esenciales sensibles** a fallos de suministro (hospitales, centros sociosanitarios, colegios), incorporados como capa específica de exposición para captar criticidad territorial.
- **Exposición estacional y turística**: complementar la población residente con proxies de población estacional o consumo estacional urbano para representar territorios donde la exposición real supera la residente en periodos críticos.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se ha estimado con el ISVU (Atlas de Vulnerabilidad Urbana), que caracteriza susceptibilidad social y estructural mediante dimensiones sociodemográficas, socioeconómicas y residenciales. Es una base sólida para el componente social, pero puede completarse para reflejar mejor la capacidad de adaptación del sistema de abastecimiento y la propensión a que el peligro se traduzca en restricciones.

- **Vulnerabilidad "técnica" del sistema urbano**: incorporar indicadores de dependencia de un único recurso, baja redundancia, limitada interconexión o escasa capacidad de almacenamiento/regulación disponible para el abastecimiento, como determinantes directos de la resiliencia del servicio.
- **Evidencia operativa de fragilidad**: incluir históricos de restricciones o episodios de emergencia en abastecimiento cuando exista información homogénea, como síntesis de susceptibilidad del sistema. También pueden emplearse indicadores hidrológicos directos de garantía de suministro, balance o ratios demanda–recursos y déficits simulados.
- **Capacidad institucional y de gestión**: considerar la existencia y grado de implantación de planes de emergencia/sequía, diversificación de fuentes, y medidas de gestión de la demanda como proxies de capacidad adaptativa.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos del nivel de confianza**, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.

- **Uso de conjuntos de modelos climáticos (*ensembles*)** y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.

AG2. Reducción de la garantía de suministro al regadío

El riesgo por reducción de la garantía de suministro al regadío se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E) y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo de manera coherente.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El peligro climático se ha caracterizado mediante el déficit hídrico (ETP–ETR) como indicador estrictamente climático y, por tanto, proyectable en escenarios SSP. Este indicador representa el desequilibrio entre la demanda atmosférica de agua y la evapotranspiración efectivamente alcanzable en el sistema suelo–vegetación, capturando el grado de aridez funcional y la persistencia del estrés hídrico que acompañan a episodios de escasez. Se reconoce que el riesgo AG2 se materializa en sistemas de explotación regulados y que, en ese contexto, la garantía de suministro no depende del "régimen natural" en sentido operativo, sino de reglas de asignación, capacidad de regulación, interconexiones y gestión; precisamente por ello, el déficit hídrico pretende representar el forzamiento climático que incrementa la probabilidad de restricciones al actuar simultáneamente sobre la demanda de riego y sobre la disponibilidad natural de recursos que alimenta el sistema. Valores elevados del déficit hídrico indican condiciones de estrés hídrico persistente, asociadas a una mayor probabilidad de reducción de aportaciones y limitaciones en la disponibilidad de recursos hídricos para usos consuntivos, particularmente el regadío.

El déficit hídrico se ha calculado utilizando la información de las variables de ETP y ETR disponibles en el modelo SIMPA (CEDEX), con una resolución espacial de 500 × 500 m y un periodo de análisis 1980–2023.

Para su integración con el resto de las componentes del riesgo, el indicador de peligro se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Exposición

La **exposición** se ha definido a partir de la **superficie en regadío**, utilizada como indicador sintético del valor directamente expuesto a una posible reducción de la garantía de suministro hídrico.

La información utilizada proviene del Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SIAR, 2021), con una resolución espacial de 10 m.

A partir de esta cartografía, se ha generado un ráster binario de exposición, asignando valor 1 a las celdas clasificadas como regadío, y valor 0 al resto del territorio. Este enfoque permite identificar de manera clara la presencia o ausencia de exposición, facilitando su integración con los indicadores continuos de P y V.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado mediante el indicador derivado del **Vegetation Health Index (VHI),** un índice compuesto que combina el VCI (Vegetation Condition Index), basado en NDVI (vegetación/biomasa) y el TCI (Temperature Condition Index), basado en la temperatura de superficie (LST). El VHI constituye un buen indicador indirecto de la "salud de la vegetación" bajo condiciones de estrés hídrico y térmico. En términos de vulnerabilidad climática, un VHI bajo indica vegetación estresada por calor o falta de agua, es decir, áreas potencialmente vulnerables.

Para su cálculo se han empleado los productos mensuales VHI-M de la FAO[6], disponibles en formato ráster, correspondientes al periodo 1984–2023 y con una resolución de 1 km. Cada archivo mensual incluye información georreferenciada del estado de la vegetación, con valores normalizados entre 0 y 1, donde valores bajos indican mayor estrés.

Con el fin de captar la respuesta acumulada de la vegetación a escala anual, los datos mensuales se han agregado por año hidrológico y se ha calculado la mediana anual de cada celda, reduciendo así la influencia de valores extremos puntuales y priorizando una señal representativa del comportamiento medio del sistema.

A partir de la serie de medianas anuales por año hidrológico, se ha calculado un valor mediano global para todo el periodo de estudio (1984–2023), obteniéndose un único ráster representativo de las condiciones medias de estrés de la vegetación a largo plazo.

Finalmente, para su integración con el resto de componentes del riesgo, el indicador de vulnerabilidad se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo.

A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

Partiendo del déficit hídrico ETP–ETR como aproximación al estrés climático relevante para la disponibilidad de agua en el sistema suelo–vegetación, las mejoras pueden orientarse a representar con mayor fidelidad la persistencia del déficit y su traslación a condiciones hidrológicas directamente vinculadas a la garantía de suministro.

- **Indicadores hidrológicos directos de disponibilidad**: complementar (o, donde proceda, sustituir) el déficit climático por señales como reducción de aportaciones naturales, caudales bajos o volúmenes disponibles, por su conexión más inmediata con situaciones de restricción de suministro.
- **Índices multiescala de sequía (SPI/SPEI)**: incorporar métricas a distintas escalas temporales para capturar la persistencia y acumulación del déficit, especialmente relevante en sequías prolongadas que comprometen campañas sucesivas.
- **Indicadores compuestos clima–recursos**: explorar formulaciones que integren simultáneamente señal climática de déficit y condiciones hidrológicas del sistema, mejorando la lectura del peligro desde la perspectiva de la gestión del recurso.

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición basada en presencia/ausencia de regadío es una primera aproximación robusta para localizar el receptor expuesto, pero puede enriquecerse para pasar de una exposición binaria a una representación más graduada del valor potencialmente afectado.

[6] https://www.fao.org/giews/earthobservation/asis/index_2.jsp?lang=en

- **Superficie de regadío ponderada por tipo de cultivo**: diferenciar cultivos permanentes, herbáceos o de mayor valor, para reflejar distinta magnitud del activo expuesto sin alterar la lógica de receptor.
- **Demanda hídrica** asociada al regadío: incorporar necesidades de riego estimadas por cultivo y zona (como indicador indirecto de "magnitud de actividad dependiente del agua"), para graduar la exposición más allá del área.
- **Infraestructuras vinculadas** al regadío: añadir redes, balsas, captaciones u otros elementos, especialmente donde su concentración incremente la exposición territorial a restricciones.
- **Valor económico del regadío**: integrar producción agraria o valor añadido (si existe información espacialmente explícita), para aproximar la exposición en términos de impacto potencial económico.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

El uso del VHI proporciona una aproximación biofísica consistente al estrés hídrico y térmico observado en la vegetación, pero puede complementarse con variables que reflejen de forma más directa la capacidad real de los sistemas de riego para absorber y gestionar déficits.

- **Garantía ponderada de riego por sistema de explotación**: incorporar un indicador sintético de fiabilidad del suministro al regadío, al tratarse de un indicador sintético que integra tanto la disponibilidad efectiva del recurso como las reglas de gestión y asignación existentes. Este indicador permitiría diferenciar sistemas con similar exposición climática pero distinta fiabilidad en el suministro al regadío.
- **Características del sistema de riego**: añadir proxies de eficiencia global, nivel de modernización, pérdidas en red y flexibilidad operativa, como determinantes de susceptibilidad a restricciones.
- **Capacidad de adaptación agraria**: considerar diversificación de cultivos, acceso a recursos alternativos o tecnologías de ahorro, para reflejar margen de ajuste ante campañas con dotaciones reducidas.
- **Histórico de restricciones de riego**: incorporar frecuencia e intensidad de campañas con dotaciones reducidas como evidencia operacional de vulnerabilidad frente a la escasez.
- **Indicadores socioeconómicos del regadío**: incluir dependencia económica del regadío o estructura de explotación (p. ej., tamaño medio) como aproximación a la capacidad de absorción del impacto.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos del nivel de confianza**, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.
- **Uso de conjuntos de modelos climáticos (ensembles)** y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.

EI1. Disminución de la producción hidroeléctrica

El riesgo de disminución de la producción hidroeléctrica se ha evaluado mediante la combinación de tres componentes fundamentales: peligro climático (P), exposición (E) y vulnerabilidad (V), integrados espacialmente en un formato continuo y homogéneo que permite su análisis comparativo a escala nacional.

El análisis se ha realizado sobre el conjunto de centrales hidroeléctricas inventariadas, utilizando información puntual asociada a cada instalación y combinándola con indicadores climáticos proyectados.

Componentes del riesgo

Peligro climático

El **peligro climático** se ha caracterizado a partir de la **aportación acumulada**, utilizada como indicador indirecto directo de la disponibilidad de recurso hídrico para la generación hidroeléctrica. Este indicador refleja la capacidad del sistema hidrológico para alimentar los aprovechamientos hidroeléctricos y, por tanto, su sensibilidad frente a reducciones sostenidas de caudal asociadas a sequías prolongadas o a cambios en el régimen hidrológico. Valores bajos de aportación se asocian a un mayor peligro de disminución de la producción hidroeléctrica, especialmente en centrales con escasa capacidad de regulación.

La información empleada procede del modelo SIMPA (CEDEX), para el periodo 1980–2023, con una resolución espacial de 500 × 500 m. A partir de esta información, se ha asignado a cada central hidroeléctrica el valor de aportación acumulada correspondiente a la celda en la que se localiza, garantizando una asignación homogénea y reproducible a escala nacional.

Con el fin de integrar este indicador con el resto de componentes del riesgo, los valores de aportación se han transformado en un índice de peligro, invirtiendo previamente el sentido del indicador de modo que menores aportaciones se correspondan con mayor nivel de peligro. Posteriormente, el indicador de peligro se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto) mediante un método de cuantiles.

Exposición

La **exposición** se ha definido a partir de la **potencia máxima instalada** de cada central hidroeléctrica, utilizada como indicador indirecto del valor energético potencialmente afectado por una reducción de las aportaciones hídricas.

La potencia instalada se ha reclasificado en cinco categorías (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto), mediante cuantiles, de forma que las centrales con mayor capacidad de producción reciben valores de exposición más elevados.

Este enfoque permite representar de manera sintética la importancia relativa de cada instalación dentro del sistema hidroeléctrico, manteniendo la comparabilidad entre centrales.

Vulnerabilidad

La **vulnerabilidad** se ha estimado en función del **tipo de central hidroeléctrica**, diferenciando entre centrales reguladas y fluyentes, dado que su capacidad de adaptación frente a la variabilidad hidrológica es sustancialmente distinta.

- Las centrales vinculadas a presas se consideran reguladas, al disponer de capacidad de almacenamiento que permite amortiguar las fluctuaciones de caudal. A estas se les asigna una vulnerabilidad baja.
- Las centrales no vinculadas a presas se consideran fluyentes, altamente dependientes del caudal instantáneo del río, y por tanto se les asigna una vulnerabilidad alta.

La tipología de las centrales hidroeléctricas se ha inferido a partir de su vinculación con infraestructuras de regulación. En ausencia de información explícita sobre el tipo de central, se ha aplicado un procedimiento espacial consistente en la generación de un buffer de 500 metros alrededor de cada central y su intersección con la cartografía de presas. Aquellas centrales que intersectan con una presa se han clasificado como reguladas, al disponer de capacidad de almacenamiento que permite amortiguar la variabilidad hidrológica, mientras que las restantes se han considerado fluyentes, al depender directamente del caudal circulante.

Para su integración con el resto de componentes del riesgo, el indicador de vulnerabilidad se ha reclasificado en dos categorías, asignando el mínimo valor (1) a las centrales reguladas y el máximo valor (5) a las centrales fluyentes.

Este enfoque permite inferir de manera objetiva y reproducible la vulnerabilidad relativa de cada central frente a situaciones de déficit hídrico, garantizando su aplicabilidad a escala nacional.

Posibles mejoras y alternativas metodológicas

El enfoque adoptado permite una evaluación coherente y reproducible del riesgo a escala nacional. No obstante, la metodología presenta un carácter flexible y escalable, y podría perfeccionarse significativamente en escenarios futuros o en ámbitos territoriales concretos si se dispusiera de información geográfica adicional, de mayor resolución o específicamente orientada al análisis del riesgo. A continuación, se describen las principales líneas de mejora y alternativas metodológicas identificadas.

Mejoras en los indicadores de peligro

El peligro se aproxima mediante aportación acumulada como indicador indirecto de la disponibilidad de recurso para generación, con asignación espacial a cada central y reclasificación por cuantiles. Sobre esa base, las mejoras más consistentes se orientan a representar mejor la señal operativa del déficit (persistencia, estacionalidad y umbrales), sin sustituir el indicador de referencia:

- **Estacionalidad de aportaciones/caudales**: complementar el indicador anual con métricas centradas en periodos críticos para la producción (p. ej., estiaje y meses de mayor valor del agua), de forma que la señal del peligro distinga cambios en el "cuándo" además del "cuánto".
- **Frecuencia y duración por debajo de umbrales mínimos**: incorporar indicadores del tipo "días/meses por debajo de un umbral" (o percentiles bajos) que representen episodios de indisponibilidad efectiva para turbinar y no solo reducción media.
- **Persistencia y recurrencia de déficits**: añadir métricas de rachas secas y déficit acumulado (multimensual/plurianual) para diferenciar centrales sometidas a déficits breves frente a déficits prolongados, más determinantes en escenarios de sequía larga.
- **Extremos hidrológicos relevantes para explotación**: cuando exista base homogénea, incorporar señales de extremos (cuantiles altos/bajos) que condicionen la capacidad de producir (y no únicamente el valor medio).

Alternativas y mejoras en los indicadores de exposición

La exposición se define con la potencia máxima instalada por central como indicador indirecto del valor energético potencialmente afectado, reclasificada por cuantiles. Manteniendo ese enfoque, las mejoras útiles pasan por refinar la representación del "activo expuesto" y su relevancia funcional:

- **Potencia instalada + producción media anual**: complementar la potencia con una métrica de generación media histórica (cuando exista información consistente), para captar diferencias en salto, régimen de explotación y utilización real que no quedan plenamente reflejadas por la potencia nominal.
- **Diferenciación gran/pequeña hidráulica**: distinguir tipologías por escala para mejorar la lectura territorial del activo expuesto y evitar que unidades con perfiles muy distintos queden agregadas en una única métrica.
- **Peso relativo en el mix eléctrico**: incorporar un descriptor de dependencia territorial de la hidráulica (por región o sistema), entendido como exposición "de servicio" para priorización, sin sustituir la exposición física de la instalación.
- **Infraestructura eléctrica asociada**: considerar, cuando sea pertinente, la criticidad de nodos de evacuación (subestaciones/líneas clave) para identificar ámbitos donde una pérdida de producción tiene mayor repercusión sistémica.

Alternativas y mejoras en los indicadores de vulnerabilidad

La vulnerabilidad se estima a partir del tipo de central, diferenciando reguladas (vulnerabilidad baja) y fluyentes (vulnerabilidad alta), a partir de su vinculación espacial con presas. Sobre esta base, la mejora natural es pasar de una tipología binaria a atributos que capturen mejor la capacidad de amortiguar déficits y la sensibilidad a restricciones:

- **Capacidad real de regulación**: incorporar el volumen útil (y, cuando sea posible, ratios como volumen útil/aportación o volumen útil/potencia) para discriminar centrales reguladas con comportamientos muy distintos ante el mismo déficit.
- **Condicionantes ambientales relevantes**: incluir el grado de dependencia de caudales ecológicos u otras restricciones que limiten la turbinación en periodos de escasez, porque modulan la pérdida efectiva de producción.
- **Flexibilidad operativa y gestión en cascada**: incorporar (cuando haya información) la posibilidad de explotación coordinada en sistemas encadenados, que aumenta la capacidad de adaptación frente a variabilidad intraanual.
- **Evidencia histórica de pérdidas en sequía**: utilizar series de producción y episodios de sequía para caracterizar vulnerabilidad observada, como contraste y refuerzo del enfoque estructural.
- **Aportación "efectiva" en tramos regulados**: tratar la diferencia entre aportación natural y caudal turbinable condicionado por regulación/reglas de explotación como parte de la capacidad de amortiguación del sistema, mejorando la representatividad de la vulnerabilidad en centrales ligadas a embalses.

Incorporación explícita de la incertidumbre

De cara a la evaluación de escenarios futuros de cambio climático, la metodología podría reforzarse incorporando de forma explícita la incertidumbre asociada tanto a las proyecciones climáticas como a los supuestos socioeconómicos, mediante:

- **Factores de penalización progresivos del nivel de confianza**, vinculados al horizonte temporal de análisis (futuro cercano, medio y lejano), reflejando el aumento de la incertidumbre conforme se incrementa el plazo de proyección.

- **Uso de conjuntos de modelos climáticos (ensembles)** y análisis de la dispersión de resultados, permitiendo caracterizar rangos de variabilidad y escenarios plausibles.
- **Representación cartográfica complementaria de la incertidumbre**, mediante mapas específicos de confianza o robustez del riesgo estimado.

Este enfoque facilitaría una interpretación más prudente de los resultados y un mejor apoyo a la toma de decisiones estratégicas.